



Katedra 340

Výrobních strojů a konstruování

## Zařízení pro aplikaci hypotermie

*Arrangement for Hypothermia Application*

*Das Gerät für die Anwendung der Hypothermie*

*Устройство для аппликации гипотермии*

**Student :** Bc. František Tomeček  
**Vedoucí diplomové práce :** Ing. Zdeněk Noga, CSc.

*fakulta strojní*



**Ostrava  
2010**

---



VŠB - Technická univerzita Ostrava  
Fakulta strojní  
Katedra výrobních strojů a konstruování

## Zadání diplomové práce

Student: **Bc. František Tomeček**  
Studijní program: N2301 Strojní inženýrství  
Studijní obor: 3909T001 Konstrukční a procesní inženýrství  
Specializace: 20 Výrobní stroje a zařízení  
Téma: **Zařízení pro aplikaci hypotermie**  
**Arrangement for Hypothermia Application**

Zásady pro vypracování:

Pro potřebu uplatnění léčebné péče na základě hypotermie navrhnete zařízení pro její aplikaci. Zařízení navrhnete pro potřebu chlazení lidské hlavy v mobilních prostředcích i nemocničních pracovištích. Při návrhu zařízení využijete 3-D modelování a vizualizace, při řešení teplotních a napětových polí v konstrukčních prvcích dostupný SW MKP. Pozornost věnujte návrhu chladicího systému zařízení. Proveďte:

1. Technickou zprávu s popisem funkce navrženého zařízení a potřebnými výpočty ve členění – seznam požadavků, funkční, orgánová a stavební struktura.
2. Konstrukční návrh zařízení ve 3-D modelu.
3. Výrobní výkresovou dokumentaci pro umístění a napojení chladicího prvku v zařízení

min. 40 stran textu včetně max. 5-ti stran výtahu z Diplomového projektu – mimo přílohy, rozsah přílohy výkresové části min. 2 A0



Seznam doporučené odborné literatury:

ČSN 01 6910 *Úprava písemností psaných strojem nebo zpracovaných textovými editory*. Praha: Český normalizační institut, srpen 1997. 36 s.

ČSN ISO 690 *Bibliografické citace. Obsah, forma a struktura*. Praha: Český normalizační institut, 1996. 32 s.

HUBKA, V. *Konstrukční nauka*. Zürich: Heurista, 1995. 105s. ISBN 80-90 1135-0-8.  
LITERÁRNÍ REŠERŠE – zpracovaná v rámci Diplomového projektu.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Zdeněk Noga, CSc.**

Datum zadání: 11.11.2009

Datum odevzdání: 21.05.2010

doc. Dr. Ing. Ladislav Kovář  
vedoucí katedry



prof. Ing. Radim Farana, CSc.  
děkan fakulty



### **Místopřísežné prohlášení studenta**

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě: .....

.....

podpis studenta

## Prohlašuji, že

- byl jsem seznámen s tím, že se na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména §35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 – školní dílo.
- беру на вѣдомі, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že jeden výtisk diplomové práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o diplomové práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на вѣдомі, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě : .....

.....  
Podpis

## ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE



TOMEČEK, F. *Zařízení pro aplikaci hypotermie: diplomová práce*. Ostrava: VŠB – Technická universita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra výrobních strojů a konstruování, 2010, 117s. Vedoucí práce: Noga, Z.

Diplomová práce se zabývá návrhem zařízení pro chlazení lidské tkáně. Práce je členěna na tři části. Úvodní teoretická část tvoří ucelený náhled na současnou problematiku chlazení ve zdravotnictví a využití hypotermie v klinické praxi. Praktická část se zabývá návrhem konkrétního zařízení pro navození hypotermie a je v ní kladen důraz na metodiku konstruování. Je zde provedena analýza specifických požadavků. Poslední část se zaměřuje na návrhové, kontrolní a optimalizační výpočty, které poslouží ke správnému nadimenzování přístroje. Výsledkem práce jsou dva návrhy chladicího zařízení pro chlazení lidské hlavy a to pro stacionární a mobilní využití. Jejich konstrukce je dokumentována v příloze.

## ANNOTATION OF MASTER THESIS



TOMEČEK, F. *Arrangement for Hypothermia Application: Master Thesis*. Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Production Machines and Design, 2010, 117p. Thesis head: Noga, Z.

Master thesis deals with the proposal for the equipment for cooling a human tissue. The thesis is divided into three parts. The introductory theoretical part is a comprehensive look at the contemporary issues in the cooling in the health service and the using of hypothermia in a clinical practice. The practical part is consist of the concrete proposal for equipment that induces hypothermia, with the intention to its design. There is an analysis of specific requirements. The last part focuses on the design, control and optimization calculations, which serve to the correct dimensioning device. As the result of this thesis and research are introduced two projects for the system of cooling a human head that can be used stationary as well as mobile. Their structure is documented in Annex.

## ANNOTATION DIPLOMARBEIT



TOMEČEK, F. *Anlage für die Anwendung der Hypothermie: Diplomarbeit*. Ostrava: VŠB – Technische Universität Ostrava, Fakultät für Maschinenbau, Katheder den Produktionseinheiten und Konstruktion, 2010, 117s. Leiter: Noga, Z.

Die Diplomarbeit beschäftigt sich mit Anlagen zur Kühlung von menschlichem Gewebe. Die Arbeit ist in drei Teile gegliedert. Einleitende theoretische Teil ist ein umfassender Blick auf die Frage der Kühlung im Gesundheitswesen und der Einsatz der Hypothermie in der klinischen Praxis. Der praktische Teil beschäftigt sich mit einem bestimmten Gerät zu induzieren Hypothermie und es gibt einen Schwerpunkt auf Design-Methodik. Es ist eine Analyse der spezifischen Anforderungen. Der letzte Teil konzentriert sich auf die Planung, Steuerung und Optimierung der Berechnungen, die richtige Dimensionierung Gerät dienen. Ergebnis dieser Arbeit sind zwei Vorschläge für eine Kühleinrichtung zum Kühlen eines menschlichen Kopfes und das für den stationären und mobilen Einsatz. Ihre Struktur ist im Anhang dokumentiert.

## Аннотация к дипломной работе



ТОМЕШЕК, Ф. *Устройство для аппликации гипотермии: Дипломная работа.* Ostrava: VŠB – Технический университет Ostrava, Факультет машиностроения, Кафедра производственного оборудования и конструирования, 2010, 117с. Научный руководитель : Noga, Z.

Дипломная работа посвящена проектированию устройства для охлаждения тканей человеческого тела. Работа разделена на три части. Вводная теоретическая часть даёт полное представление о проблематике охлаждения в здравоохранении и о применении гипотермии в клинической практике. Практическая часть посвящена проектированию конкретного устройства для гипотермии, особое внимание в ней уделяется методике конструирования данного устройства, проводится анализ специфических требований. Заключительная часть работы ориентирована на проектные, контрольные и оптимизационные вычисления, которые послужат к правильной калибровки устройства. Итогом работы является проект стационарного и переносного устройства для охлаждения головы. Их конструкция находится в приложении.





## Klíčová slova:

---

Hypotermie

Chlazení novorozence

Chladicí zařízení

Metody chlazení

Měření teploty

Peltierův článek

Tepelná pohoda

Teplota člověka

Termoregulace

Rozměry hlavy

Sdílení tepla

# Obsah

---

Seznam použitého označení .....	11
Slovních technických a odborných výrazů .....	14
1 Úvod.....	17
1.1 Definice hypotermie.....	19
1.2 Historie hypotermie .....	20
1.3 Patenty.....	22
1.4 Typy hypotermie.....	26
1.4.1 Náhodná (akcidentální).....	26
1.4.2 Léčebná (terapeutická).....	27
1.5 Termoregulace a tepelný výkon lidského těla .....	29
1.6 Lebka – rozměry .....	34
1.7 Měření teploty a nitrolebního tlaku.....	37
1.8 Rosný bod .....	39
2. Současná řešení hypotermie .....	40
2.1 Metody dosahování hypotermie.....	43
2.2 Aktuální přístrojová technika pro navození hypotermie.....	72
2.2.1 Vodní systémy .....	72
2.2.2 Intravaskulární systém chlazení.....	77
2.2.3 Selektivní ochlazování mozku cévkou RhinoChill.....	79
2.2.4 Systém RES-Q-AIR model HT-1000 .....	80
2.2.5 Chladicí helma ThermoHelm.....	81
3 Metodika konstrukčního postupu .....	<b>Chyba! Záložka není definována.</b>
3.1 Transformační proces.....	<b>Chyba! Záložka není definována.</b>
3.2 Požadavkový list .....	<b>Chyba! Záložka není definována.</b>
3.3 Hierarchický funkční strom .....	<b>Chyba! Záložka není definována.</b>
3.4 Funkční struktura .....	<b>Chyba! Záložka není definována.</b>
3.5 Morfologická matice.....	<b>Chyba! Záložka není definována.</b>



3.6	Orgánová struktura.....	<b>Chyba! Záložka není definována.</b>
3.7	Stavební struktura mobilní a stacionární verze.....	<b>Chyba! Záložka není definována.</b>
3.7.1	Primární chlazení - Peltierův modul .....	<b>Chyba! Záložka není definována.</b>
3.7.2	Sekundární chlazení - Měděný blok .....	<b>Chyba! Záložka není definována.</b>
3.7.3	Nosná konstrukce – Skelet.....	<b>Chyba! Záložka není definována.</b>
3.7.4	Snímač tlaku.....	<b>Chyba! Záložka není definována.</b>
3.7.5	Teplovodivé lepidlo - Artic Silver .....	<b>Chyba! Záložka není definována.</b>
3.7.6	Izolace .....	<b>Chyba! Záložka není definována.</b>
3.7.7	Sekundární chladicí okruh .....	<b>Chyba! Záložka není definována.</b>
3.7.7.1	Vodní čerpadlo.....	<b>Chyba! Záložka není definována.</b>
3.7.7.2	Hadička PVC .....	<b>Chyba! Záložka není definována.</b>
3.7.7.3	Nádrž.....	<b>Chyba! Záložka není definována.</b>
4	Výpočtová zpráva.....	<b>Chyba! Záložka není definována.</b>
	Závěr .....	<b>Chyba! Záložka není definována.</b>
	Literatura a jiné zdroje .....	84
	Seznam obrázků .....	108
	Seznam tabulek .....	110
	Přílohy.....	111

## Seznam použitého označení

Symbol	Jednotka	Název
<b>a</b>	[ m ]	délka strany Peltierova článku
<b>a<sub>sl</sub></b>	[ m ]	délka strany polovodičového sloupku
<b>b<sub>sl</sub></b>	[ m ]	délka strany polovodičového sloupku
<b>c<sub>pH2O</sub></b>	[ J.kg <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup> ]	měrná tepelná kapacita vody
<b>D<sub>h</sub></b>	[ m ]	hydraulický průměr
<b>d</b>	[ m ]	vnitřní průměr kanálku
<b>g</b>	[ m.s <sup>-2</sup> ]	gravitační zrychlení
<b>h</b>	[ m ]	výškový rozdíl
<b>h<sub>výtlač</sub></b>	[ m ]	výška výtlačku čerpadla
<b>I</b>	[ A ]	proud protékající článkem
<b>I<sub>max</sub></b>	[ A ]	maximální proud
<b>K</b>	[ W.K <sup>-1</sup> ]	tepelná vodivost článku
<b>k</b>	[ W.m <sup>-2</sup> .K <sup>-1</sup> ]	součinitel prostupu tepla
<b>k<sub>p</sub></b>	[ - ]	koeficient pokrytí hlavy
<b>l<sub>tl</sub></b>	[ m ]	šířka vrstvy teplovodivého lepidla
<b>l<sub>PVC</sub></b>	[ m ]	šířka PVC vrstvy obalu čepice
<b>l<sub>H2O</sub></b>	[ m ]	šířka vrstvy vody v čepici
<b>l<sub>iz</sub></b>	[ m ]	šířka vrstvy izolace
<b>l<sub>sl</sub></b>	[ m ]	délka polovodičového sloupku
<b>l<sub>k</sub></b>	[ m ]	délka chladicího kanálku
<b>m</b>	[ kg ]	hmotnost tekutiny
<b>m<sub>H2O</sub></b>	[ kg.s <sup>-1</sup> ]	hmotnost vody pro chlazení článků
<b>n</b>	[ - ]	počet článků
<b>O<sub>kanálku</sub></b>	[ m ]	obvod kanálku
<b>P</b>	[ W ]	příkon pro Peltierovy články
<b>P<sub>P</sub></b>	[ W ]	chladicí výkon násobného článku
<b>P<sub>h</sub></b>	[ W ]	Peltierův tepelný výkon
<b>P<sub>iz</sub></b>	[ W ]	výkon z okolí přes izolaci
<b>P<sub>J</sub></b>	[ W ]	Joulovo teplo

Symbol	Jednotka	Název
$P_{\max}$	[ W ]	maximální chladicí výkon
$P_{nh}$	[ W ]	výkon vydaný násobným článkem
$P_{okolí}$	[ W ]	výkon z okolí
$P_s$	[ W ]	Peltierův chladicí výkon
$P_v$	[ W ]	teplo od teplotního rozdílu
$P_{\max}$	[ W ]	maximální výkon na zátěži
$P_z$	[ W ]	výkon zátěže
$p_{\check{c}}$	[ Pa ]	tlak čerpadla
$p_g$	[ Pa ]	geometrický tlak
$p_{zt}$	[ Pa ]	tlaková ztráta třením
$q_{hl}$	[ W.m <sup>-2</sup> ]	tepelný tok hlavy
$R$	[ Ω ]	odpor všech Peltierových článků
$Re$	[ - ]	Reynoldsovo číslo
$R_i$	[ Ω ]	vnitřní odpor Peltierova článku
$R_p$	[ Ω ]	odpor Peltierova článku
$S_{hl}$	[ m <sup>2</sup> ]	plocha hlavy novorozence
$S_{hln}$	[ m <sup>2</sup> ]	ochlazovaná plocha hlavy novorozence
$S_{kanálku}$	[ m <sup>2</sup> ]	plocha průřezu chladicího kanálku
$S_p$	[ m <sup>2</sup> ]	chladicí plocha Peltierova článku
$S_{sl}$	[ m <sup>2</sup> ]	průřez polovodičových sloupků
$T_h$	[ K ]	teplota horné strany Peltierova článku
$T_{H_2O}$	[ °C ]	teplota chladicí vody
$T_k$	[ °C ]	kontaktní teplota pokožky
$T_{\max.}$	[ °C ]	maximální teplota Peltierova článku
$T_{Ok}$	[ °C ]	teplota okolí
$T_s$	[ K ]	termodynamická teplota studené strany Peltierova článku
$\Delta T$	[ °C ]	rozdíl mezi teplou a studenou stranou
$U$	[ V ]	elektrické napětí
$U_{\max}$	[ V ]	maximální elektrické napětí
$V$	[ l.h <sup>-1</sup> ]	objemový průtok
$v$	[ m.s <sup>-1</sup> ]	rychlost tekutiny

Symbol	Jednotka	Název
$V_{H_2O}$	$[l]; [m^3]$	objem tekutiny
$V_{Nmin}$	$[m^3]$	minimální objem nádrže
$\alpha$	$[V.K^{-1}]$	koeficient termoelektrické účinnosti
$\varepsilon$	$[-]$	efektivnost chlazení článku
$\varepsilon_h$	$[-]$	efektivnost topení článku
$\lambda_{Bi}$	$[W.m^{-1}.K^{-1}]$	součinitel tepelné vodivosti bismutu
$\lambda_{H_2O}$	$[W.m^{-1}.K^{-1}]$	součinitel tepelné vodivosti vody
$\lambda_{had}$	$[-]$	součinitel tření hadiček při proudění
$\lambda_{iz}$	$[W.m^{-1}.K^{-1}]$	tepelná vodivost izolace
$\lambda_{PVC}$	$[W.m^{-1}.K^{-1}]$	součinitel tepelné vodivosti obalu čepice
$\lambda_{Te}$	$[W.m^{-1}.K^{-1}]$	součinitel tepelné vodivosti teluru
$\lambda_{dl}$	$[W.m^{-1}.K^{-1}]$	součinitel tepelné vodivosti lepidla
$\nu_{H_2O}$	$[m^2.s^{-1}]$	kinematická viskozita vody
$\rho_{H_2O}$	$[kg.m^{-3}]$	hustota vody

## Slovních technických a odborných výrazů

---

### A

Anoxie	- úplné přerušení zásobení buněk kyslíkem ( $O_2$ )
Anestetikum	- znecitlivující látka
Anorektický účinek	- nechut' k jídlu

### B

Bazální metabolismus	- metabolismus v klidu
Biokompatibilní	- zdravotně nezávadný

### D

Distální	- okrajový, vzdálený
----------	----------------------

### E

Endotermická reakce	- reakce spotřebovávající teplo
Endovaskulární	- uvnitř cévy
Epidurální	- v prostoru mozkomíšního moku
Evaporace	- odpařování

### F

Fontanely (fonticuli)	- nesrostlé měkké plochy na lebce novorozence
Frontookcipitální obvod	- horizontální obvod mozkové části
Fyziologický roztok	- roztok složením podobný krevní plazmě

### H

Hibernace	- zpomalení (až zastavení) životních pochodů
Homoiotermie	- teplokrevnost
Hypotalamus	- část mezimozku (mozku)



---

Hypoxie	- <i>snížené zásobení buněk kyslíkem (O<sub>2</sub>)</i>
Hypotermie	- <i>podchlazení</i>
Hypoxicko-ischemická encefalopatie	- <i>poškození mozku zapříčiněné nedostatkem kyslíku (dušením tkáně)</i>
Hypertermie	- <i>přehřátí</i>

## **I**

Intraparenchymálně	- <i>ve speciální mozkové tkáni</i>
Intranasální	- <i>nosohltanové</i>
Intravenózní	- <i>nitrožilní</i>
Intraventrikulární	- <i>v oblasti mozkových komor</i>
Ischemie	- <i>nedokrvení tkáně</i>

## **K**

Kalva (Calva)	- <i>klenba lebeční</i>
Katétr	- <i>cévka</i>
Kondenzace	- <i>zkapalnění</i>
Kondukce	- <i>vedení</i>
Konvekce	- <i>proudění</i>

## **L**

Laváž	- <i>výplach</i>
-------	------------------

## **M**

Morbidita	- <i>nemocnost, chorobnost</i>
Mortalita	- <i>úmrtnost</i>

## **N**

Neinvazivní	- <i>nevnitřní</i>
Neurokranium	- <i>mozková část lebky</i>



**P**

- Parenchym - *speciální mozková tkáň*  
Patofyziologické procesy - *chorobné procesy v průběhu nemoci*  
Post-cardiac arrest syndrome(PCAS)- *poresuscitační syndrom*

**R**

- Radiace - *záření*

**S**

- Splanchnokranium - *obličejová část lebky*  
Subarachnoideální - *pod tvrdou plenou mozkovou*

**T**

- Termometrie - *bodové měření teploty*  
Termografie - *celkové rozložení teploty na snímaném povrchu*

**V**

- Vazodilatace - *rozšiřování cév*  
Vazokonstrikce - *zúžení (smrštění) cév*

# 1 Úvod

Lidský mozek je velmi citlivý orgán. Pro svoji správnou činnost vyžaduje bohaté zásobení krví, živinami a zejména kyslíkem (až 20% veškerého vdechnutého  $O_2$ ). Jestliže dojde k srdeční zástavě nebo přidušení jedná se o stav s vysokou úmrtností pacientů a vysokým rizikem následného vážného poškození mozku, neboť v důsledku hypoxie (resp. anoxie) nastává již po 15 sekundách bezvědomí, přičemž je možné plné zotavení mozku. Při přerušení zásobení mozku kyslíkem delším než 3 minuty nastupují první nezvratné změny a nastává poškození mozku s možností částečného zotavení. V případě, že se podaří pacienta oživit, krev se vrátí do míst, kde předtím chvíli neprotékala. Na nedostatek kyslíku v mozku ale není organismus připravený a místo toho reaguje, jako by v těle probíhala infekce. V prvních dnech po resuscitaci tak v mozku probíhají toxické reakce, které už tak poškozený mozek ještě více ničí. Přerušení trvajícím déle než 5 minut vede zpravidla ke smrti mozku. <sup>[1, 2]</sup>

Hypoxie je nejčastější příčinou novorozenecké mortality a morbidity. <sup>[8]</sup> Výskyt „hypoxicko-ischemické encefalopatie“ se ve vyspělých zemích, odhaduje na 0,2 - 0,4 % všech narozených novorozenců. V České republice to představuje asi 200 - 400 novorozenců ročně. Z postižených dětí asi 15 - 20 % umírá brzy po narození a dalších 25% má trvalé neurologické následky - psychomotorickou retardaci ( $\Rightarrow$  doživotní invaliditu). <sup>[3]</sup> Hypoxie a následná ischemie během oběhové zástavy totiž vede k aktivaci celé řady patofyziologických procesů, které mohou způsobit další, často fatální poškození. Tento stav bývá označován jako „postresuscitační nemoc“ nebo jako „post-cardiac arrest syndrome (PCAS)“. <sup>[4]</sup>

Dosavadní léčebné možnosti jsou poměrně omezené. Jednou z metod, která významně zvyšuje šanci postiženého novorozence, je řízená hypotermie, neboli cílené ochlazení nemocného dítěte na teplotu 33-34°C po dobu 72 hodin. Tato metoda je delší dobu známa a používána v modifikované podobě například v kardiouchirurgii. Výzkumy prokázaly, že právě časně zahájená, mírná, léčebná hypotermie, dokáže významně snížit spotřebu kyslíku (o 5 až 7%/1°C) a utlumit fyziologické pochody (metabolismus buněk).

U nemocných po srdeční zástavě snižuje riziko poškození mozku, zlepšuje neurologický výsledek a redukuje úmrtnost pacientů. Tato metoda je nyní užívána na některých jednotkách intenzivní péče u nás i ve světě. <sup>[3, 5, 6]</sup>

V posledních letech je hypotermie stále více aplikována v klinických podmínkách. Vykazuje nadějně výsledky u těžkých mozkových traumat, kde prokazatelně snižuje nitrolební tlak a rozsah postižení mozku. Velice rozšířené je též využití hypotermie při závažných neurochirurgických operacích, kde dochází k manipulaci s mozkovými cévami. <sup>[7]</sup>

Do přednemocniční péče tato metoda zatím příliš nepronikla, neboť neexistuje zařízení, které by to spolehlivě umožnilo. I přes četné pokusy se zatím nepodařilo sestavit takový chladicí aparát, který by svými vlastnostmi vyhovoval současným moderním potřebám. Cílem této práce je navrhnout zařízení, které by zajistilo navození lokální terapeutické hypotermie již při převozu v sanitce záchranné služby, a napomohlo tak k záchraně pacienta a jeho návratu do běžného života bez poškození mozku a jiných následků. Výsledné zařízení by se pak mohlo zařadit do standardního vybavení posádek rychlé záchranné služby, resuscitačních oddělení nebo jednotek intenzivní péče.

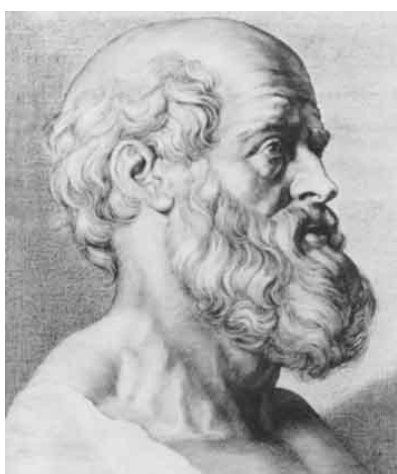
## 1.1 Definice hypotermie

Hypotermie (*hypothermia*, f. ř. *hypo* – pod, ř. *therme* – teplo, horko) neboli podchlazení je stav, kdy je tělesná teplota jedince snížena pod dolní hranici normy a tělo již není schopno produkovat teplo k efektivnímu udržování tělesných funkcí. Z medicínského hlediska se za podchlazení u člověka považuje pokles teploty tělesného jádra pod 35 °C. [9, 10]

## 1.2 Historie hypotermie

Nejstarší dochovaná zmínka o použití studených aplikací pro lékařské účely je popsána na egyptském papyru z období cca. 3000 př. n. l. (tzv. “egyptská učebnice pro trauma“), popisuje použití studených obkladů na rány na hlavě. <sup>[11]</sup> Ochranné účinky lokální hypotermie odhalil poprvé v období antického starověku Hippokrates, který praktikoval balení krvácejících pacientů ve sněhu, a hypotermii uplatňoval s vysokou účinností i při léčbě tetanu. <sup>[12]</sup>

V 16. století italský lékař a chirurg Severnia používá hypotermii jako lokální anestetikum pro zmírnění bolesti. Používáním hypotermie byl rovněž proslulý polní chirurg císaře Napoleona a zakladatel akutní medicíny, baron Dominique Jean Larrey, během francouzského tažení do Ruska (1812). Ten zabaloval končetiny pacientů do ledu před tím, než provedl jejich amputaci. Amputace trvala někdy i desítky minut a chlad tlumil bolest a omezoval krvácení. <sup>[2, 13]</sup>



**Obrázek 1** - Hippokrates (460 př. n. l.-377 př. n. l.)



**Obrázek 2** - Dominique Jean Larrey (1766-1842)

V roce 1912 se hypotermie stává příčinou smrti většiny cestujících na Titaniku v důsledku námořní katastrofy. Během II. světové války používali nacisté (Dachau, 1939) hypotermii jako formu mučení. Při těchto procedurách byli vězni po krk ponořeni do nádob s ledovou vodou a bylo zjišťováno, jak dlouho dokáží odolávat smrti a při jaké vnitřní teplotě. Smrt nastávala v rozpětí od 12 do 60 minut při poklesu vnitřní teploty na 27°C. <sup>[10]</sup>

V roce 1941 použili poprvé lokální cílenou hypotermii ( $32^{\circ}\text{C}$ ) u pacientů s těžkým poraněním mozku neurochirurgové Fay a Smith ve Philadelphii. K dosažení hypotermie tehdy použili povrchové chlazení ledovými obklady.<sup>[14]</sup> V roce 1950 představuje Wilfred Bigelow hypotermii jako možnou metodu ochrany mozku při kardiochirurgických operacích. Roku 1964 Peter Safar přezdívaný jako “otec neodkladné resuscitace” definoval schéma resuscitačního procesu, které zahrnovalo i použití hypotermie.<sup>[15]</sup> Mezi lety 1959 a 1972 se objevuje několik zpráv a studií o použití hypotermie na kojence, kteří nereagovali do pěti minut na standardní techniku resuscitace. Děti byly ponořeny do studené vodní lázně pouze s obličejem nad hladinou. Účinný efekt chlazení ale nebyl prokázán a statistické závěry ukázaly, že u předčasně narozených dětí přežijí spíše ty, které byly v teplejším prostředí. Následkem toho zájem o klinické chlazení klesl.<sup>[8]</sup>

Až v roce 1987 publikoval doktor Raul Busto přelomovou studii, prováděnou na potkanech, která prokázala, že zchlazení bezprostředně po hypoxii snižuje závažnost poškození mozku. Pokusy byly dále rozvíjeny i na jiná zvířata, kde se tato teorie potvrdila.<sup>[8]</sup>

Hypotermie je od r. 2003 standardním doporučením při resuscitaci po srdeční zástavě. Běžně se dnes používá například při složitých kardiochirurgických nebo neurochirurgických zákrocích. Účinně redukuje metabolismus nádorových buněk. Slouží k potlačení nitrolebního tlaku a zabraňuje otokům na mozku. Snižuje zánětlivou odpověď organismu.



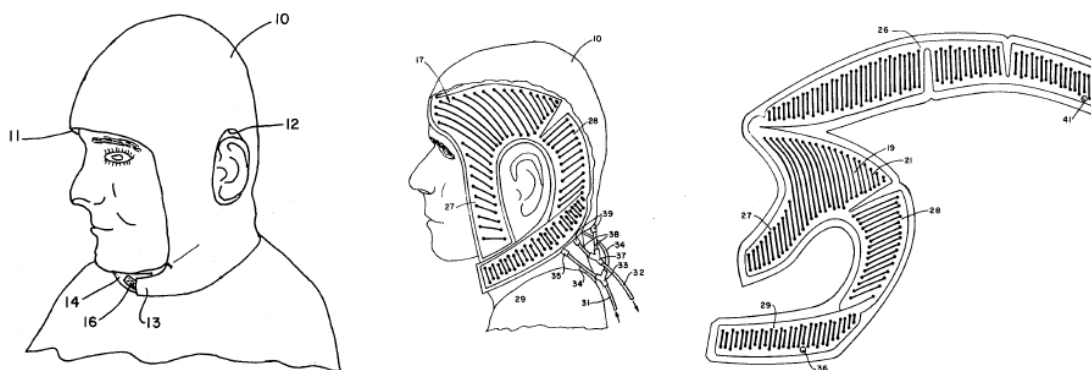
**Obrázek 3 - Wilfred Bigelow (1913-2005)**



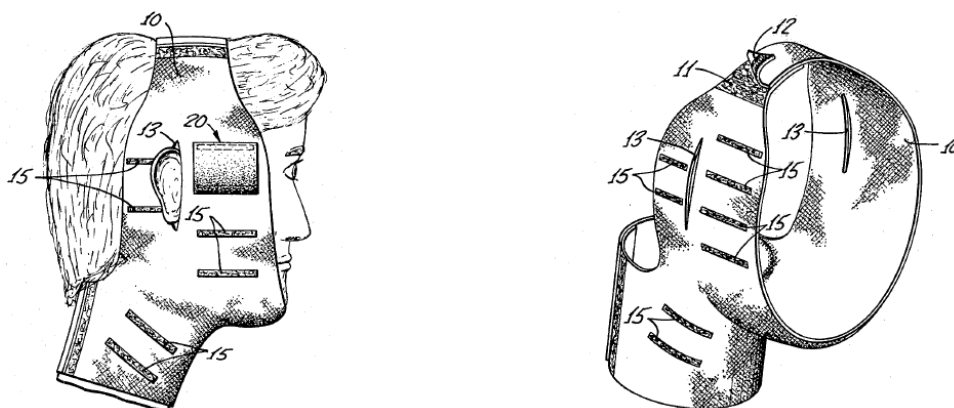
**Obrázek 4 - Petr Safar (1924-2003)**

### 1.3 Patenty

S objevem pozitivního účinku hypotermie se objevují i první snahy o sestrojení chladicího zařízení, které by umožnilo hypotermii navodit. Na základě této iniciativy vznikly četné metody a systémy, které si jejich vynálezci nechali patentovat. Mnohé z těchto patentů a metod se staly inspirací pro konstruktéry dnešních moderních zařízení (např. Elkins – dnes systém chlazení skafandru NASA <sup>[16, 108]</sup>). V této kapitole jsou zmíněny pouze patenty týkající se chlazení hlavy. Patenty jsou řazeny chronologicky podle data jejich zápisu na patentovém úřadě.

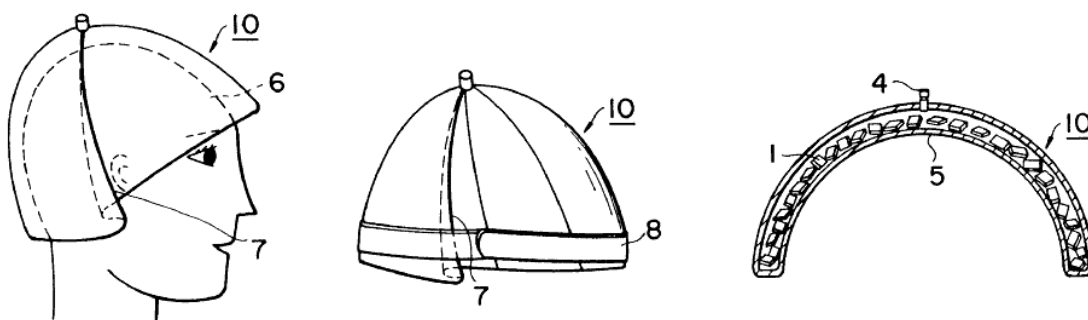


**Obrázek 5** - Patent 4 138 743 Kapalinou chlazená helma – Liquid cooled helmet, datum registrace 25.2.1975, Vynálezci: William Elkins, Bill A. Williams, Morgan Hill <sup>[17-1]</sup>

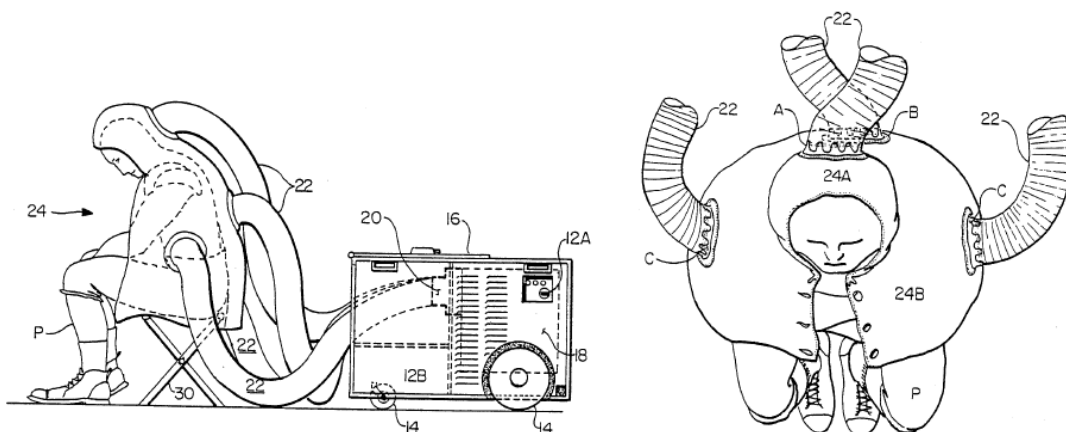


**Obrázek 6** - Patent 4 190 054 Bandáž na krk s vyměnitelnými horkými nebo studenými obklady – Therapeutic bandan with removable hot or cold packs, datum registrace 14.11.1977, Vynálezce: H. George Brennan <sup>[17-2]</sup>

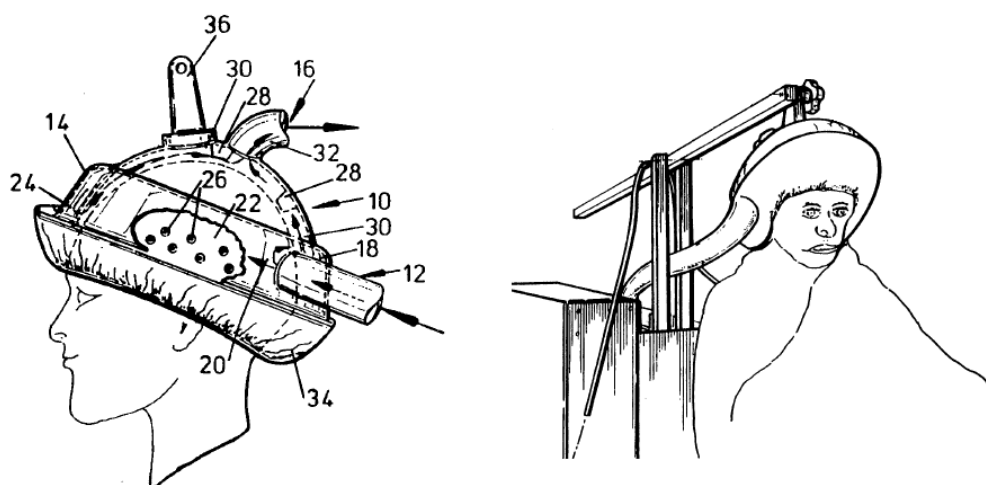




**Obrázek 7** - Patent 5 163 425 Formovatelná čepice pro chlazení - Deformable cap for scalp cooling, datum registrace 16.2.1988, Vynálezci: Nambu Masao, Fuji Masaru, Motizuki Yoko, Tsujino, Takashi<sup>[17-3]</sup>

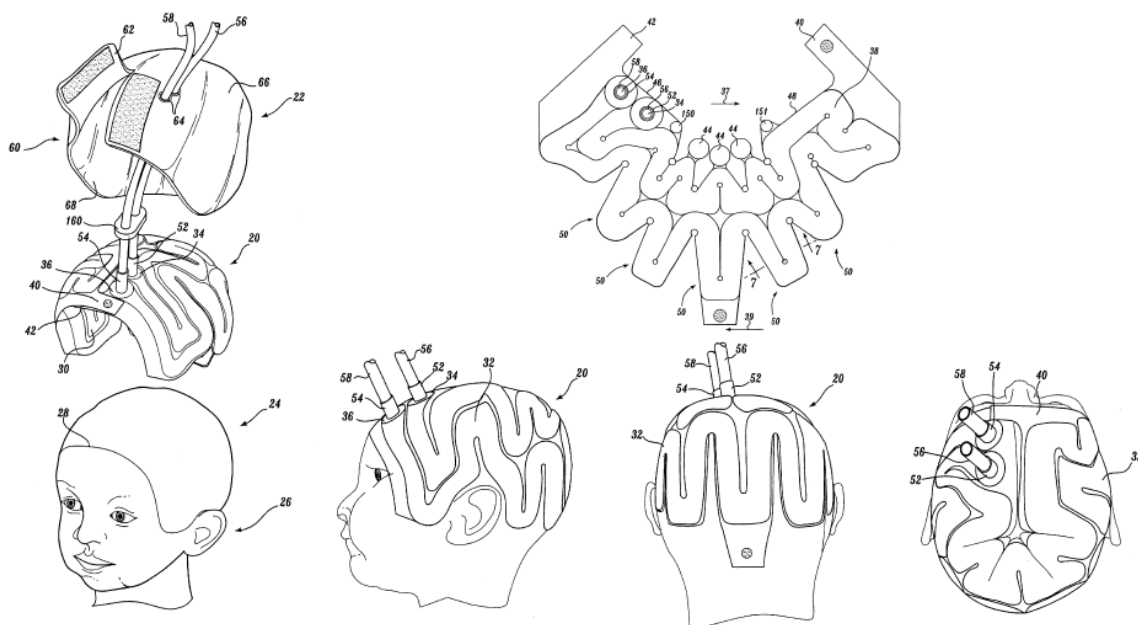


**Obrázek 8** - Patent 5 062 424 Přenosný přístroj pro rychlé snížení zvýšené teploty jádra těla - Portable apparatus for rapid reduction of elevated body core temperature, datum registrace 24.1.1991, Vynálezce: Daniel N. Hooker<sup>[17-4]</sup>

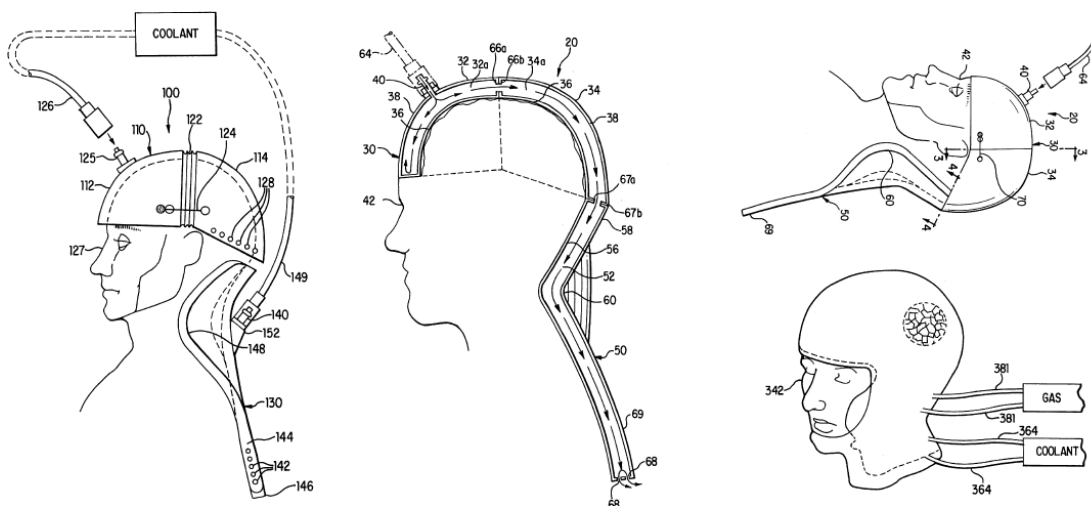


**Obrázek 9** - Patent 5 342 411 Skalp chladicí zařízení – Scalp cooling device, datum registrace 2.2.1993, Vynálezci: Maxted, Kenneth J., Mountford, Neville<sup>[17-5]</sup>

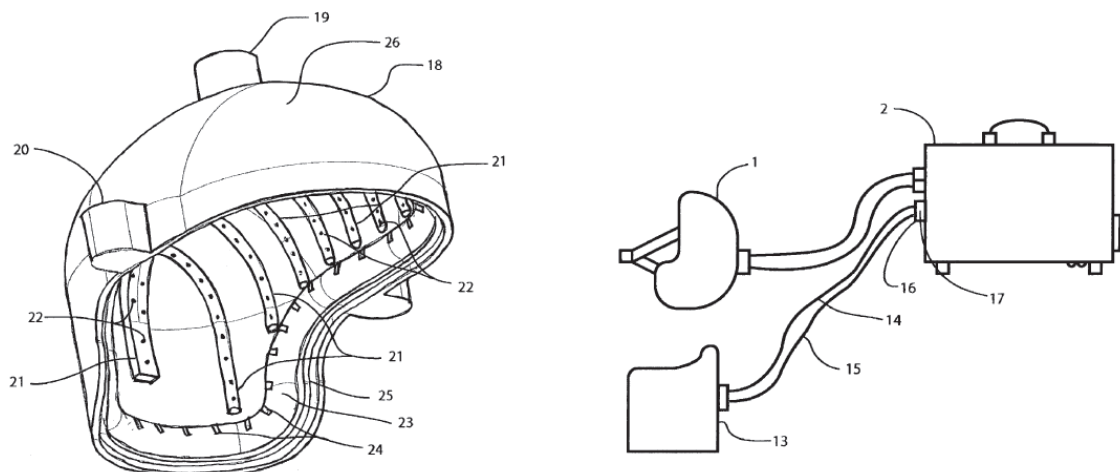




**Obrázek 10 - Patent US 6312 453 B1** Způsob a zařízení pro neinvazivní léčbu neurologických poruch – Method and apparatus of noninvasive, regional brain thermal stimuli for the treatment of neurological disorders, datum registrace 16.6.1998, Vynálezci: Josef Stefanile, Dale Dell'Ario, Steven G. Miles <sup>[17-6]</sup>



**Obrázek 11 - Patent US 6277 143 B1** Mozek chladicí zařízení a způsob pro chlazení mozku – Brain cooling apparatus and method for cooling the brain, datum registrace 26.7.1999, Vynálezci: Ronald M. Klatz, Robert M. Goldman <sup>[17-7]</sup>



**Obrázek 12** - Patent US 7008 445 B2 *Způsob a zařízení pro rychlé vyvolání hypotermie – Method and device for rapidly inducing hypothermia*, datum registrace 25.12.2003,  
Vynálezce: Charles D. Lennox<sup>[17-8]</sup>

## 1.4 Typy hypotermie

S hypotermií se dnes můžeme setkat v mnoha podobách. Zatímco terapeutická hypotermie (záměrně vyvolaná) se stala jedním z pilířů poresuscitační péče, v civilním životě je téma náhodné hypotermie aktuální zejména pro horolezce, potápěče, zimní turisty nebo záchranáře. Ve sportovní medicíně se lokální hypotermie používá jako anestetikum, které tlumí bolest při zhmožděninách a zabraňuje otoku. V přírodě zase účinky hypotermie využívají někteří savci k navození stavu hibernace (tzv. zimního spánku) aby utlumili tak všechny fyziologické procesy a přečkali tak nepříznivé zimní období.<sup>[18]</sup>

### 1.4.1 Náhodná (akcidentální)

Je často označována za hypotermii terénu. Je to stav, kdy teplota jádra klesne pod hodnotu 35°C (95°F), například při ponoření do studené vody nebo v důsledku dlouhodobého vystavení chladnému prostředí. Může nastat i při různých nehodách. Pokles teploty pod 35°C je spojen s maximálním třesem a poklesem duševních schopností.<sup>[19]</sup> Nejvíce ohrožení jsou tímto druhem hypotermie horolezci, potápěči, starší lidé a lidé s rozsáhlými popáleninami.<sup>[10, 20]</sup> Formy náhodné hypotermie:

- Primární**
  - **Akutní** (tonutí v ledové vodě)<sup>[21]</sup>
  - **Subakutní** (vyčerpaný turista)<sup>[22]</sup>
  - **Chronická** (starší lidé s nižší termoregulační schopností)<sup>[22]</sup>
  - **Protrahovaná** (dlouho trvající ležení venku při nízké teplotě)<sup>[22]</sup>
- Sekundární** - narušení termoregulace otravou alkoholem, drogami nebo medikamenty<sup>[21, 23]</sup>



Obrázek 13 - Záchrana podchlazeného pacienta [115]

#### 1.4.2 Léčebná (terapeutická)

Jedná se o záměrně vyvolanou hypotermii umělým chlazením, která má příznivý vliv na průběh onemocnění. <sup>[24]</sup> V kardiochirurgii se uplatňuje při prodlužování časové rezervy klinické smrti, která za normálních okolností trvá 3-5 minut. V případě podchlazení může být prodloužena až na 10 násobek. Také se používá ke zpomalení metabolických procesů a k ochraně tkáně během chirurgických zákroků. Má pozitivní neuroprotektivní účinek, snižuje otoky mozku a zmírňuje bolesti. <sup>[20]</sup> Terapeutickou hypotermii rozlišujeme dále na:

**a) Záměrnou (indikovanou)** – záměrné snížení teploty pacienta. Využívá se zejména v neurochirurgii, nebo při operacích srdce ke snížení rychlosti metabolismu a ochraně orgánů před hypoxií. <sup>[20]</sup>

**b) Nechtěnou (intraoperační)** – je vyvolána rozsáhlým chirurgickým zákrokem. Tělní dutiny jsou jednak vystaveny relativně chladnému prostředí (obvykle teplota 21°C v kombinaci s průvanem) a jednak jsou ochlazovány výplachem roztoků, jejichž teplota je shodná s teplotou prostředí. Tuto hypotermii mohou úspěšně navodit i některé medikamenty. <sup>[20]</sup>

**c) Postoperační** – objevuje se jako prodloužení záměrné či intraoperační hypotermie. <sup>[20]</sup>

**Podle stupně intenzity rozlišujeme terapeutickou hypotermii na:**

**I.) Mírná (32-35°C)** – Je nejúčinnější metoda pro zpomalení metabolismu a snížení spotřeby O<sub>2</sub>. Praxe prokázala, že co nejrychlejší navození mírné globální hypotermie zvyšuje šance na přežití a snižuje definitivní poškození mozku.<sup>[26]</sup> Používá se po srdeční zástavě a udržuje se po dobu 12 až 24 hodin.<sup>[11, 25]</sup>

**II.) Střední (31-26°C)** – Klesá dechová frekvence. Snižuje se průtok krve mozkem. Životní projevy se začínají vytrácet. Jeden až dva vdechy za minutu.<sup>[20, 25]</sup>

**III.) Hluboká (25-20°C)** – Používá se u chirurgických zákroků s dočasnou úplnou zástavou krevního oběhu. Navození se provádí prostřednictvím mimotělního oběhu (výměníku tepla) v kombinaci s ochlazovaným lůžkem a medikamenty.<sup>[25]</sup>

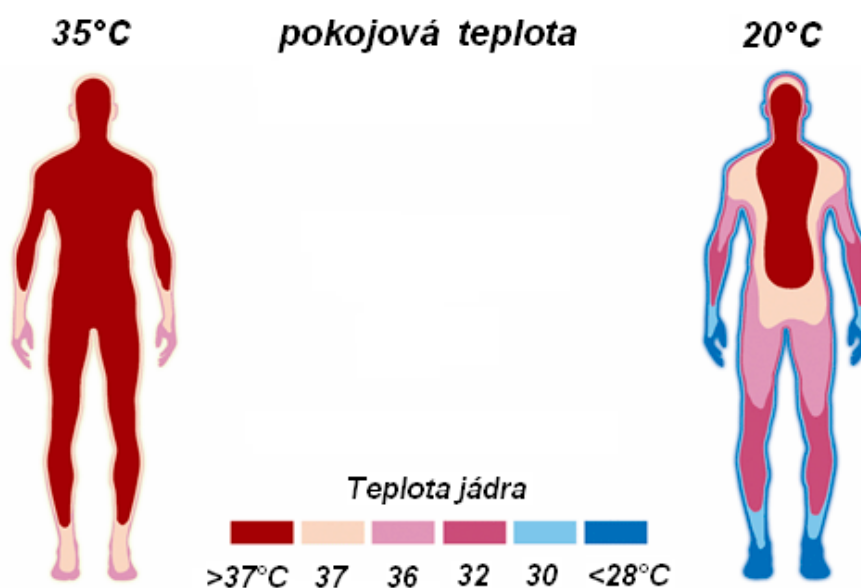
**IV.) Velmi hluboká (19-14°C)** – Využívá se u dlouhotrvajících (81 ± 17 min.) náročných chirurgických zákroků, kde hrozí destrukce buněk a smrt.<sup>[20, 25]</sup>



**Obrázek 14** – Příklad terapeutické hypotermie navozené povrchovým chlazením [116]

## 1.5 Termoregulace a tepelný výkon lidského těla

Člověk patří k homoiotermním (teplokrevným) tvorům. Jeho vnitřní tělesná teplota se udržuje na relativně konstantní hodnotě (v průběhu dne se výrazně nemění  $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ ) bez ohledu na teplotu okolního prostředí. Teplota jádra není u každého jedince stejná, za normální považujeme rozmezí teplot  $36,6$  až  $37,5^{\circ}\text{C}$ .<sup>[27]</sup> Na této teplotě závisí všechny biochemické pochody v organismu. Metabolické procesy se zrychlují nebo zpomalují podle toho, jestli se teplota zvyšuje, nebo snižuje.<sup>[28]</sup> Při enormní fyzické zátěži může teplota jádra krátkodobě vzrůst až na  $40^{\circ}\text{C}$  a při velké zimě poklesnout až k  $35^{\circ}\text{C}$ .<sup>[27]</sup> Mozkovou teplotu  $37,1^{\circ}\text{C}$  se organismus snaží udržet i za cenu značných výdajů energie. Povrchová teplota pokožky může kolísat ( $31$  až  $34^{\circ}\text{C}$ ), podle okolního prostředí, v závislosti na denní době, a podle částí lidského těla (závisejí na pokrytí oblečením a množství krve, která protéká v podkoží). Nejnižší teplota je na chodidlech.<sup>[29]</sup>



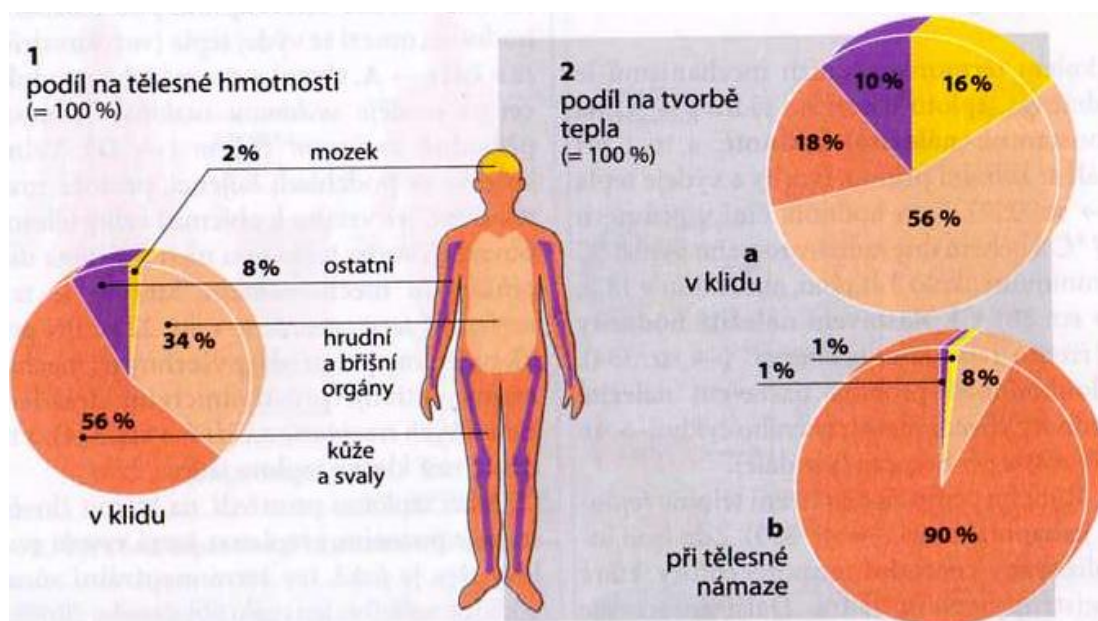
Obrázek 15 – Teplotní zóny těla podle Aschoffa [33]

Organismus produkuje teplo jako nezbytný proces a produkt metabolických dějů.<sup>[10]</sup> energii získanou metabolismem využívá organismus pro činnost jednotlivých orgánů. Na tento účel použije ale pouze 60% celkové energie a zbylých 40% přemění na energii tepelnou, kterou musí předat do okolí.<sup>[30]</sup> Tepelná produkce závisí především na



intenzitě činnosti člověka a jeho hmotnosti. V tělesném klidu je hlavním producentem tepla tělesné jádro, přibližně z 56% se na tvorbě tepla podílí vnitřní orgány hrudníku (srdce), břicha (játra) a lebky, z 18% svalstvo a kůže, 16% mozek a 10% tepla tvoří ostatní orgány. <sup>[31]</sup>

Výsledná teplota je výsledkem termoregulace, která zajišťuje rovnováhu mezi produkcí a výdejem tepla. Termoregulace nastupuje až po překročení teplotní pohody. <sup>[28, 32]</sup>



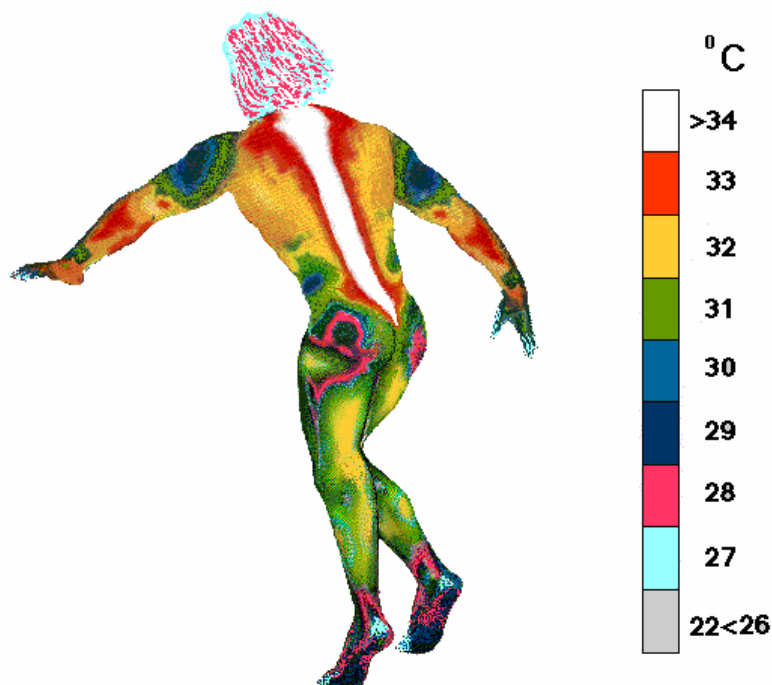
Obrázek 16 – Relativní podíl jednotlivých orgánů na tělesné hmotnosti a na produkci tepla [33]

Činnost	Tepelný výkon průměrného člověka [W]	Měrný tepelný výkon na jednotku plochy lidského těla [W.m <sup>-2</sup> ]
Spaní	70	40
Odpočívání, ležení na posteli	80	46
Sezení, odpočívání	100	58
Stání, práce vsedě	120	70
Velmi lehká práce (učitel, nakupování, vaření)	160	93
Lehká práce (domácí práce, práce s přístroji)	200	116
Středně těžká práce (tanec)	300	175
Těžká práce (tenis)	600	350
Velmi těžká práce (squash, práce v hutích)	700	410

Tabulka 1 - Hodnoty metabolismu [29]

**Chemická termoregulace** - Řídí produkci tepla při tzv. bazálním metabolismu, kde teplo vzniká jako vedlejší produkt při metabolických dějích hlavně v játrech. K bazálnímu metabolismu dochází při naprostém tělesném klidu. Tělo však může teplo produkovat i cíleně svalovou činností v podobě třesu nebo svalové aktivity. Třesení může vyvolat až desetinásobné zvýšení tepelné produkce. Vysoké teploty mohou mít na organismus tzv. anorektický účinek, který snižuje chuť k jídlu. [28, 29, 30]

**Fyzikální termoregulace** - Zabezpečuje výdej přebytečného tepla do okolního prostředí pomocí mechanismů výdeje tepla. [30] Důležitou roli zde hraje vazodilatace (rozšíření) kožních cév, které zvýší přísun tepla do kůže (k povrchu) až 8x (opačný efekt vazokonstrikce je zúžení cév = husí kůže). Negativní účinek alkoholu v zimě spočívá v tom, že cévy rozšiřuje a zvyšuje tak tepelné ztráty (narušuje termoregulaci) ve chvíli, kdy to organismus nejméně potřebuje. Ztráty tepla úzce souvisejí s podmínkami v okolí organismu. [27, 28]



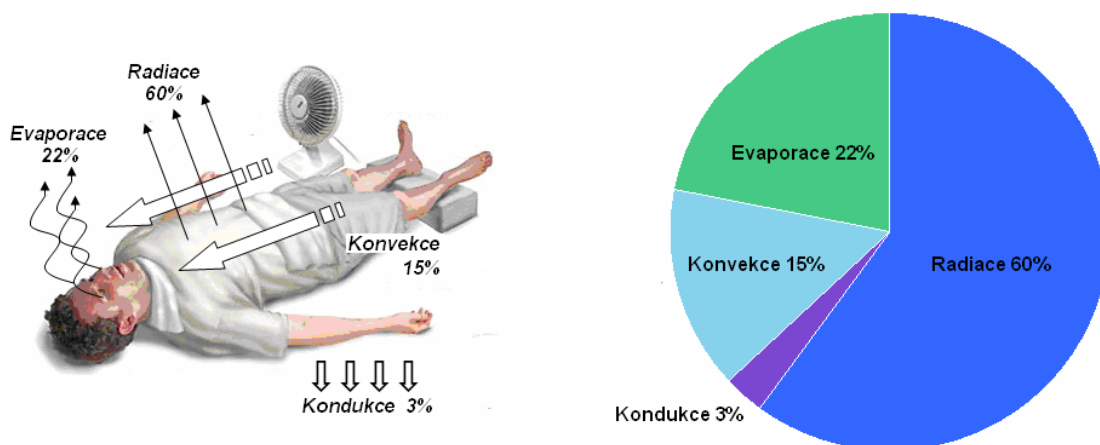
Obrázek 17 - Termograf rozložení teploty lidského těla [117]



## Mechanismy výdeje tepla:

**Kondukce (vedení)** - Transport tepla přímým kontaktem s jiným tělesem ale i vzduchem. Čím větší rozdíl teplot bude, tím budou větší teplotní ztráty. Vedení urychluje zvýšená vlhkost vzduchu, neboť voda vede teplo asi 240krát více než “suchý” vzduch. Typický příklad kondukce je přilepený jazyk ke zmrzlé trubce. Ztráta tepla kondukcí činí pouze 3% celkového výdeje.<sup>[10, 27, 31]</sup>

**Konvekce (proudění)** - Odvod tepla zprostředkovává proudění částic (plynu nebo tekutiny), které přicházejí do styku s povrchem těla. Částice jsou zahřívány (dodá se jim tepelná energie) a poté odvedeny proudem dál od těla a nahrazeny jinými částicemi s menší tepelnou energií. Proudění je úzce spjato i s vedením. Vzduch má velmi malou tepelnou vodivost, proto se transport tepla děje hlavně konvekcí. Efekt konvekce využíváme ve chvíli, kdy se snažíme ochladit horké jídlo nebo nápoj foukáním. Výdej tepla konvekcí představuje v běžné denní činnosti asi 15%. Konvekci rozlišujeme dále na nucenou (vyvolanou například ventilátorem) a přirozenou (vznikající rozdílem hustoty média).<sup>[10, 27, 31, 34]</sup>



Obrázek 18 – Ztráty tělesného tepla

**Radiace (sálání)** - Povrch těla neustále vyzařuje teplo ve formě infračervených tepelných paprsků do okolního prostředí.<sup>[34]</sup> Množství tepla vydávané tímto zářením závisí na čtvrté mocnině teploty zdroje (zářiče). Jestliže jsou okolní předměty teplejší než pokožka, tělo sálavé teplo přímá.<sup>[33]</sup> Bez

použití pokrývky hlavy můžeme v zimě ztratit až 30% celkového tepla. Nahý člověk při pokojové teplotě ztrácí 60% tepla radiací. <sup>[27]</sup>

**Evaporace (odpařování)** - Uplatňuje se při vysoké teplotě prostředí, kde nejsou předchozí mechanismy účinné. <sup>[33]</sup> Jedná se o velmi účinný fyzikální proces, při němž se přeměnou vody (potu) na páru odebírá tělu tepelná energie. Sekrece potu vytváří tepelný spád, a tak ochlazuje povrch pokožky. Pot se z těla odpařuje neustále. V letních měsících se zvyšuje odpařování až na několik litrů potu za den. Při nedostatku tekutin schopnost termoregulace klesá. Evaporaci přichází člověk přibližně o 22% z celkového tepla. <sup>[2]</sup>

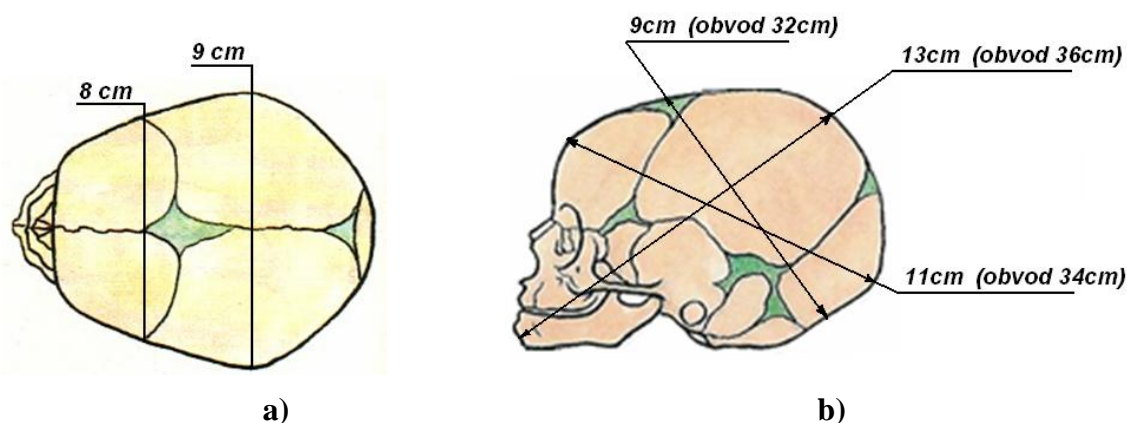
## 1.6 Lebka – rozměry

U lebky obvykle rozeznáváme část obličejovou (splanchnokranium) a mozkovou (neurokranium). Dutá mozková část chrání mozek. Nejdůležitější je tzv. frontookcipitální rozměr, který odpovídá horizontálnímu obvodu mozkové části hlavy. <sup>[35]</sup> Normou obvodu lebky novorozence je hodnota 34 cm (hlava tvoří cca.  $\frac{1}{4}$  délky těla). V šesti měsících činí obvod už 43 cm a na konci 1 roku života dosahuje 46 až 47 cm. <sup>[36]</sup> Celý vývoj je zachycen v příloze č.1. <sup>[110]</sup>

Kalendářní věk	Frontookcipitální obvod hlavy dívky (cm)	Frontookcipitální obvod hlavy chlapců (cm)
0-1 měsíců	35.6	36.4
1 rok	45.9	47.2
3 roky	49.3	50.4
7 roků	51.1	52.2
18 roků	55.2	57.1

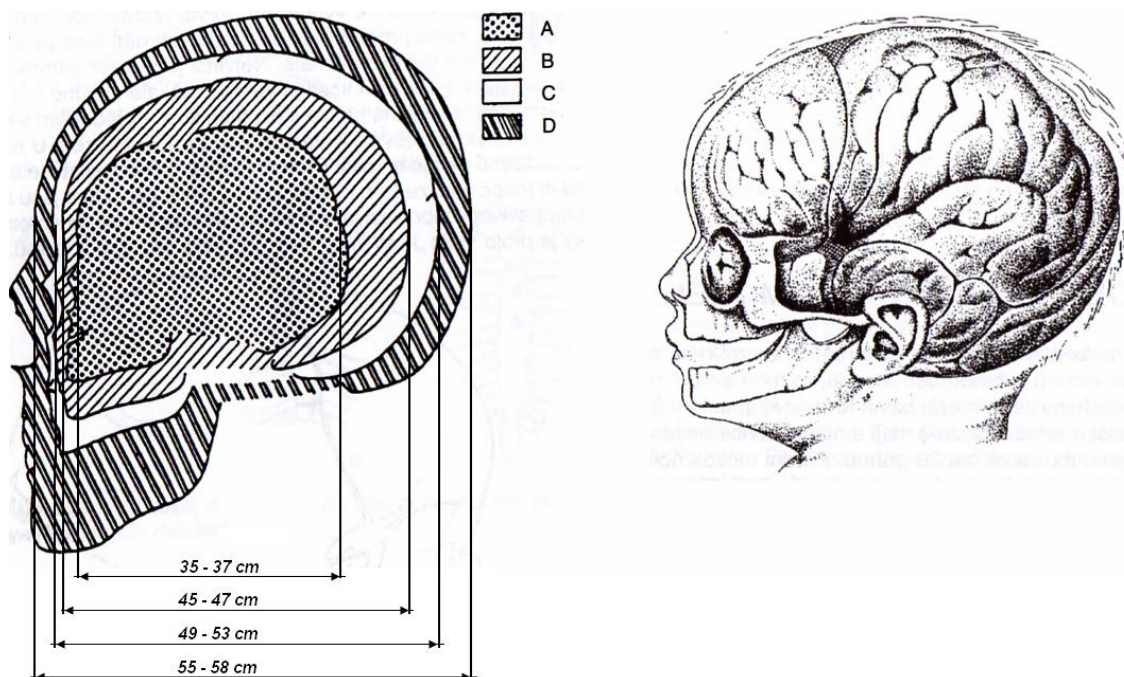
Tabulka 2 - Rozměry hlavy pro různý věk a pohlaví

Za největší vzdálenost na dětské hlavičce je považován rozměr od středu brady k nejvzdálenějšímu bodu na záhlaví, tzv. velký šikmý průměr. Měří asi 13 cm. Obvod v této rovině je cca 36 cm. <sup>[37]</sup>



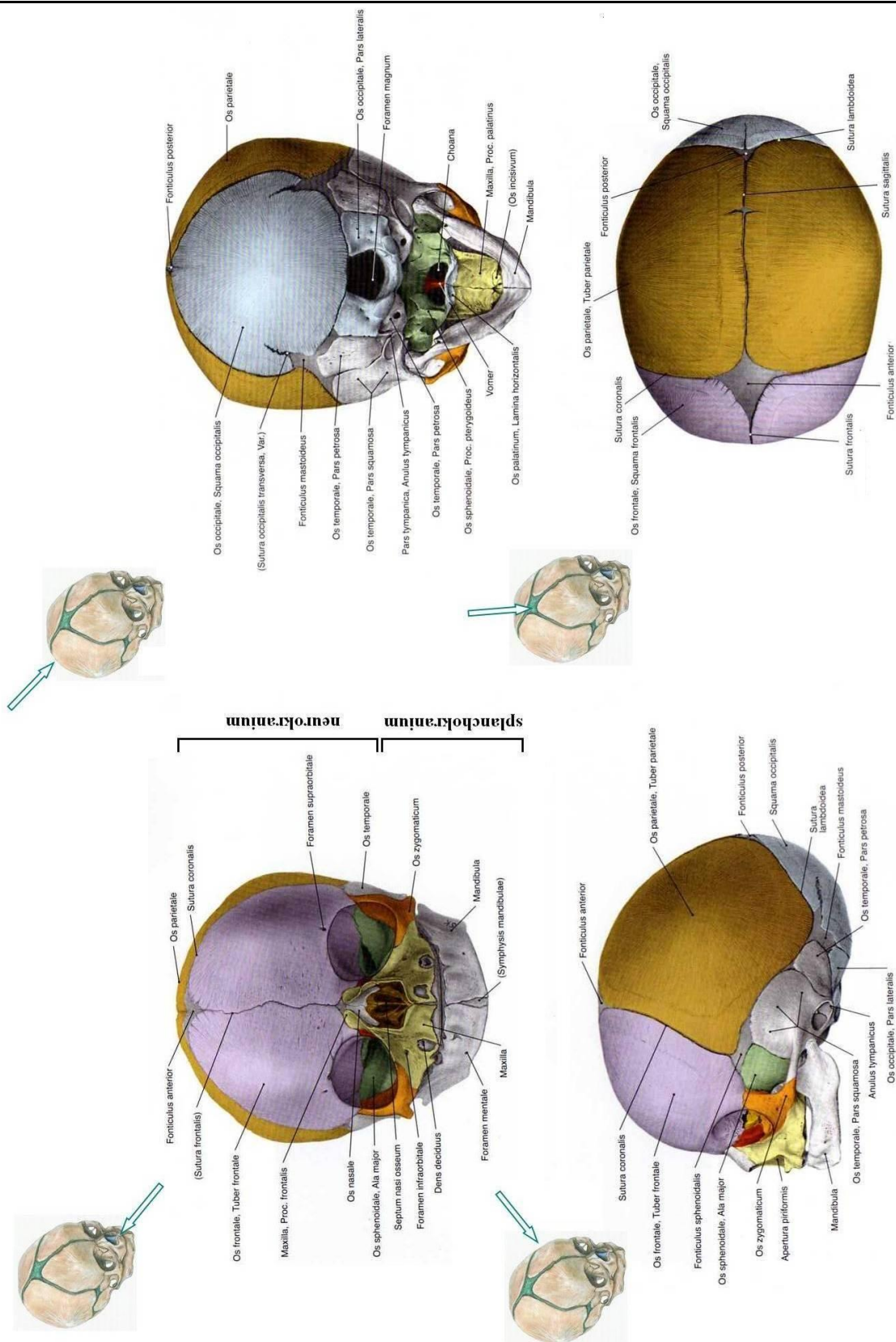
Obrázek 19 - Rozměry lebky novorozence; a-pohled shora, b-pohled z boku (obrázek převzat z [38] a upraven)

K rozměrům lebky musíme ale přičíst ještě rozměr tloušťky měkké tkáně cca 4mm. <sup>[38]</sup> Povrch těla novorozence odhadován na  $0,25\text{m}^2$ . Povrch hlavy lze pak spočítat z proporcionality hlavy a těla ( $1:4$ ), tedy  $0,0625\text{m}^2$ . <sup>[39]</sup> Povrch hlavy dospělého jedince se odhaduje na  $0,1222\text{m}^2$ . <sup>[40]</sup>



**Obrázek 20** - *Proporce lebky, A – novorozenec, B – roční dítě, C – věk 3-7 roků, D – dospělý jedinec [32]*

V místech, kde se na klenbě stýká víc švů, které ještě nejsou srostlé, jsou u novorozence širší místa tvořená pouze vazivem tzv. lupínky či fontanely (fonticuli). Celé splachnokranium je v poměru k neurokraniu u novorozence nápadně malé (viz. obrázek č. 21).<sup>[41]</sup>



Obrázek 21 - Anatomický popis lebky novorozence <sup>[107]</sup>



## 1.7 Měření teploty a nitrolebního tlaku

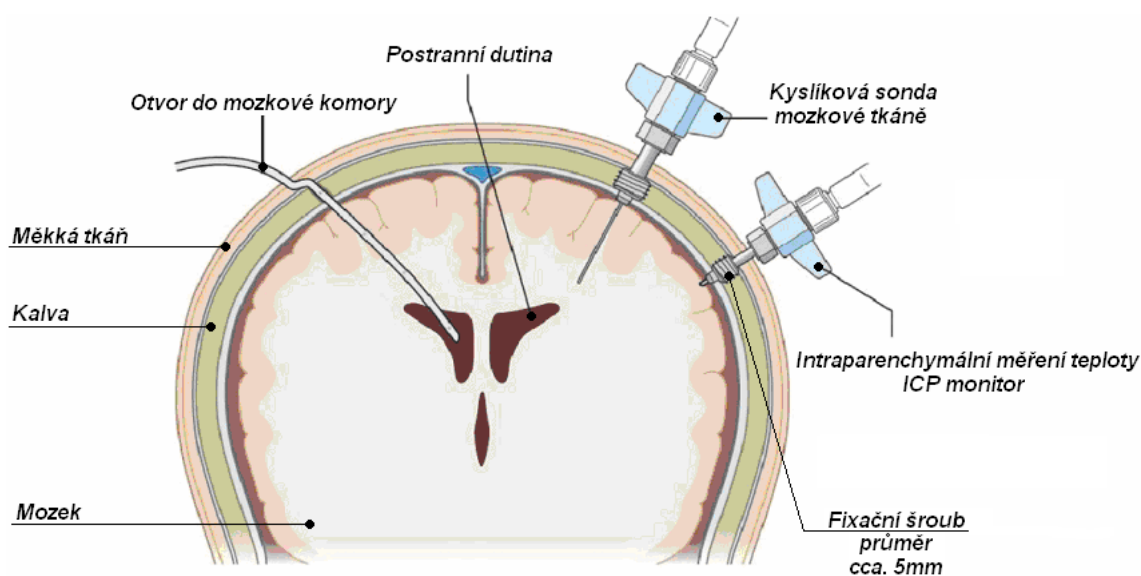
Aby bylo zařízení bezpečné, musíme zabránit možnosti přechlazení. Proto je důležité sledovat nejen teplotu povrchovou (resp. kontaktní), aby nedocházelo k omrzlinám, ale i teplotu mozkovou, která vypovídá o skutečném stavu pacienta. Metodě měření musíme také podřídit konstrukci zařízení tak, aby měření umožnilo.

Pro měření povrchové teploty se používají metody kontaktní nebo bezkontaktní. Kontaktní metody se musí vyrovnávat s celou řadou problémů, které významně ovlivňují naměřenou hodnotu (např. velikost přítlaču nebo vliv kontaktu čidla teploměru s pokožkou). Typ teplotního senzoru a jeho umístění ovlivní regulování teploty. Výběr snímače bude záviset na rozsahu teplot, na citlivosti přesnosti snímání a rozměrech. Výrazně lepší vlastnosti při měření povrchové teploty vykazují bezkontaktní metody (radiální teploměry, termografie, infračervená fotografie, termovize). Ty umožňují sledovat i dynamiku teploty celých oblastí kůže v průběhu reakce na chladové podněty. Bezkontaktní měření je velmi jednoduché a rychlé stačí namířit na měřený objekt a na displeji odečíst teplotu. <sup>[19, 42, 46]</sup>

Měřit vnitřní teplotu můžeme v dutině ústní, jícnu a rektu. Při rektálním měření teploty musíme teploměr zavést minimálně 15 cm do rekta, měření je ale pomalé a nepřítisť vypovídající. Dobré informace o teplotě mozkové tkáně dostaneme při měření v nosohltanu. Při praktickém měření se však hodnotám vnitřní teploty nejvíce přibližují teploty měřené ve vnějším zvukovodu, protože je blízko hypotalamu. Principem ušního teploměru je měření infračerveného záření, které je vyzařováno z bubínku. Teplotní údaj se získává do tří sekund od přiložení čidla k distálnímu konci zvukovodu. Přístroj je vhodný i pro malé děti ale ne pro novorozence. Měření je rychlé a jemné. V současné době však není k dispozici žádný přístroj, který by umožnil měření teploty bubínku u novorozenců. Přesnost měření je  $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$ . <sup>[43]</sup>

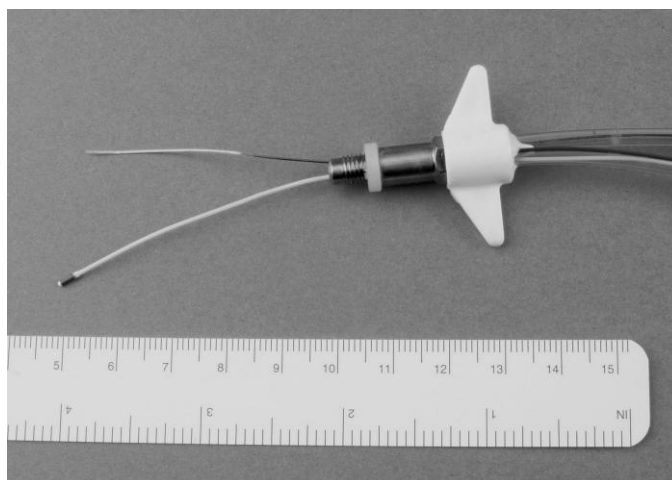
Pro měření mozkové teploty můžeme použít také sondu zavedenou přímo do oblasti mozku. Lokace zavedení senzoru je shodná s lokací čidel pro měření nitrolebního tlaku. Snímač k měření nitrolebního tlaku a teploty se zavádí z návrtu kalvy (vrchní části lebky) v temeno-týlní oblasti <sup>[14, 15, 30, 45]</sup>.

- Epidurálně** - v prostoru mozkomíšního moku, nad tvrdou plenou mozkovou
- Intraventrikulárně** - zavádí se přímo do jedné z postranních mozkových dutin (komor)
- Intraparenchymálně** - ve speciální mozkové tkáni (parenchymu)
- Subarachnoideálně** - pod tvrdou plenou mozkovou



Obrázek 22 – Měření oblast měření teploty a nitrolebního tlaku [15]

Za normálních okolností bývá teplota mozku obvykle o 0,2 až 0,6°C vyšší než teplota tělesného jádra. Teplotní rozdíly uvnitř mozku kolísají v rozmezí 0,4 až 1°C. [43, 44]

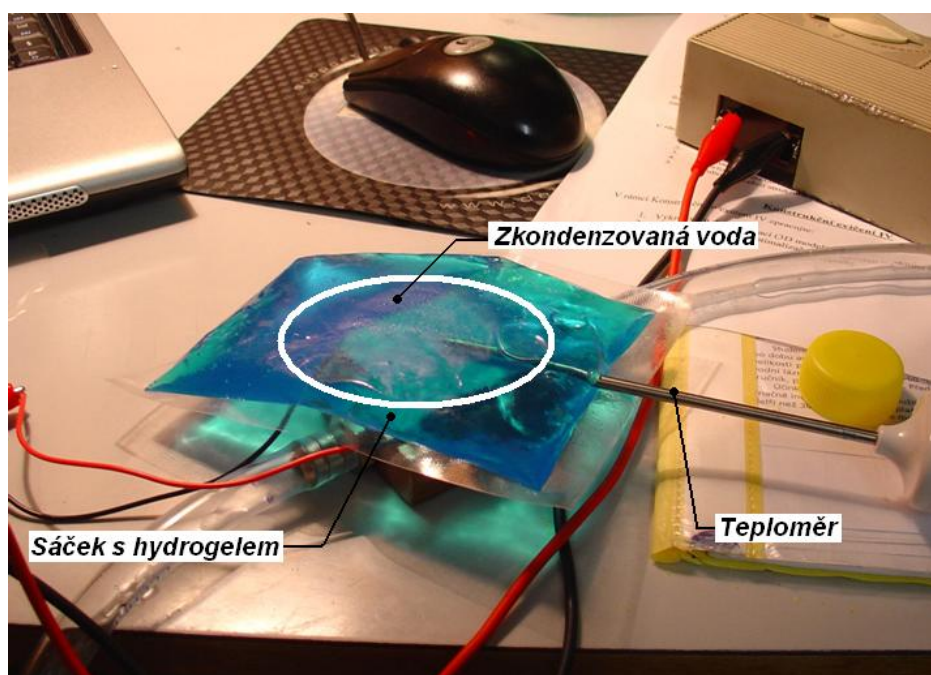


Obrázek 23 – Sonda teploty a tlaku v jednom fixačním šroubu [15]

## 1.8 Rosný bod

Velkým problémem chladících zařízení je kondenzace vody. Významnou roli zde hraje tzv. rosný bod. Teplota rosného bodu je teplota, při které je vzduch maximálně nasycen vodními parami a relativní vlhkost vzduchu dosáhne 100 %. Pokud teplota klesne pod tento bod, odevzdá vzduch část vody ve formě kondenzátu. <sup>[47]</sup> V případě, že v nemocnici bude vlhkost vzduchu 50% a okolní teplota 22°C (optimální podmínky), nastane kondenzace vody při teplotě nižší než 10,5°C. <sup>[48]</sup> Tato hodnota odpovídá i výsledkům získaným pokusem.

Kondenzace vody je nežádoucí jev, který by mohl způsobit vznik plísní nebo by mohl dráždit citlivou pokožku novorozence. Zařízení proto bude opatřeno otvorem na odvod této zkondenzované vody. V oblasti kontaktu hlavy a zařízení bude použita hygienická vložka.



Obrázek 24 – Měření rosného bodu na reálném prvku zařízení



## 2. Současná řešení hypotermie

Nejjednodušší a dlouho nepoužívanější metodou bylo povrchové chlazení ledovými, hydrogelovými obklady o teplotě 4°C, které se umísťovali pacientovi pod záda, hrudník, břicho a krk. Rychlost takového chlazení je však relativně nízká (0,3-0,8 °C/h) a udržování teploty na požadované hodnotě je velmi obtížné a vyžaduje značné úsilí ošetřujícího personálu. U této metody hrozí velké riziko přechlazení, které vede ke vzniku omrzlin, musíme proto chránit kůži před přímým kontaktem s vaky suchou a tepelně neizolující tkaninou. Lednička s těmito obklady bývá umístěna ve voze záchranné služby. Bývá nepřetržitě napájena přes elektrický kabel z autobaterie a při delším čekání na výjezd dochází k vybití. Dalším problémem je kolísání teploty. Lednice chladí někdy nedostatečně, jindy naopak mrazí. Metoda vyžaduje velký objem prostředků a brání přístupnosti k pacientovi. Obklady je nutno měnit každou půlhodinu. [4, 49, 50, 51, 52]



**Obrázek 25** – Povrchové chlazení hydrogelovými obklady

Modernější metodou jsou matracové, mikroprocesorově řízené termoregulační systémy. Jedná se o techniku globálního chlazení využívající cirkulaci vody nebo vzduchu. Snadno se aplikuje na pacienta. Ochlazovací rychlost je přibližně 1,33 °C/h a automatická zpětná vazba umožňuje jednodušší udržování cílové teploty s přesnou regulací. [4, 5, 57]

Chceme-li se vyhnout komplikacím hypotermie celkové, přicházejí na řadu chladicí techniky lokální. Selektivní chlazení hlavy chladicími helmami se ukázalo být efektivní pouze u novorozenců. U dospělých se tato metoda používá pouze jako doplňková, a to pro snížení nitrolebního tlaku. Na základě těchto poznatků byla pro novorozence sestrojena chladicí čepice, v níž koluje chladná voda. [14, 53]

V přednemocniční péči se používá k ochlazení rychlá infuze chladného fyziologického roztoku o teplotě 4°C a dále přikládání ledových obkladů na hlavu, do podpaží, třísel a na břicho. Dochází k ochlazení rychlostí cca o 1,4-2°C/30 min. RIVA (Rychlá IntraVenózní Aplikace) je velmi bezpečná metoda umožňující rychlé dosažení cílové teploty. Má však pouze krátkodobý efekt. [1, 4, 5, 50]

Méně (ve speciálních případech) se využívá také mimotělní ochlazování krve. To nahrazuje použití povrchových metod. Krev je chlazená mimo tělo ve výměníku tepla. Termoregulační systém umožňuje snadno a efektivně řídit cílenou tělesnou teplotu s přesností  $\pm 0,2^{\circ}\text{C}$ . Řadu nedostatků povrchového chlazení překonává rovněž endovaskulární chlazení. Tato metoda využívá speciální katétr, zavedený do centrálního žilního systému (dolní duté žíly), ve kterém v uzavřeném okruhu cirkuluje chladný fyziologický roztok. [4, 54]

Jinou běžně používanou doplňkovou metodou je ledový výplach (tzv. laváž) žaludku nebo močového měchýře. Metoda však není bez komplikací a neřadí se proto mezi první volby. Při laváži močového měchýře do něj aplikujeme sterilní roztok (asi 150 ml) o teplotě 4°C, který v něm ponecháme po dobu 10 až 15 minut. Laváž aplikujeme každých 20 minut do dosažení cílové tělesné teploty (a pak dle potřeby). Paralelně provádíme i laváž žaludku stejným způsobem. [4, 51]

Mezi méně užívané metody se řadí také inhalace ochlazeného plynu. Vdechováním ochlazené nasycené páry se chladí oblast hlavy, krku, hrudníku a jádra. Používá se jak v nemocnicích, tak v sanitních vozech. [4, 55]

V současné době se vyvíjejí další nové techniky chlazení. Intranasální (nosohltanové) chlazení se má brzy stát konkurenceschopnou alternativou tradičním pomalým a pracným metodám. Jedná se o neinvazivní chlazení nosní dutiny. Tato dutina



slouží jako výměník tepla a leží přímo v oblasti mozku. Zařízení se skládá pouze z nosní cévky, která podává chlazený vzduch do nosohltanu z láhve s chladicí kapalinou.<sup>[4, 14, 51, 56]</sup>

Pro navození hypotermie je dnes využíváno nepřeborné množství chladících metod. Volba optimální metody závisí vždy na ošetřujícím lékaři. Pro zvýšení rychlosti chlazení se velmi často jednotlivé metody kombinují.



## 2.1 Metody dosahování hypotermie<sup>[109]</sup>:

<b>a) NEINVAZIVNÍ techniky (zevní chlazení): - Lokální</b> <i>(nejpoužívanější)</i>	- Čepice nebo helmy ( <i>caps or helmets</i> )	- vodní
	- Hydrogelové povrchové chlazení ( <i>hydrogel coated cooling</i> )	- vzduchové
	- Sáčky s ledem ( <i>ice packs</i> )	
	- Obklady ( <i>pads</i> )	
	- Vodní a alkoholové spreje ( <i>water and alcohol sprays</i> )	
	- Chladicí límec <sup>[53]</sup>	
	- Selektivní ochlazování mozku cévkou <sup>[63-65]</sup>	
	- Nosní, nazogastrické*, rektální výplachy ( <i>nasal, nasogastric, rectal lavage</i> )	
<b>- Globální</b>	- Chladicí matrace a přikrývky ( <i>cooling blankets</i> )	- vodní (voda 2–4°C, 1-3 l/h) <sup>[53]</sup>
		- vzduchové
	- Ponoření v studené vodě ( <i>immersion in cold water</i> )	
	- Rosení povrchu těla vodnými nebo alkoholovými roztoky <sup>[51]</sup>	
	- Chladicí oblek ( <i>skafandr</i> ) <sup>[108]</sup>	
	- Studené zábaly	
	- Inhalování zchlazeného plynu <sup>[49]</sup>	
	- Výplach žaludku, rekta nebo močového měchýře ledovým roztokem ( <i>peritoneal lavage with cold exchanges</i> )	
<b>b) INVAZIVNÍ techniky (vnitřní chlazení):</b>		
	- Intraventrikulární mozková hypotermie ( <i>intraventricular cerebral hypothermia</i> )	
	- Mimotělní chlazení krevního oběhu ( <i>extracorporeal circulating cooled blood</i> )	
	- Srdečně-plicní bypass ( <i>cardio-pulmonary bypass</i> )	
	- Femorální ( <i>stehenní</i> ) krkavcovitý ( <i>krční</i> ) bypass ( <i>femoral carotid bypass</i> )	
	- Intravaskulární chlazení ( <i>endovascular cooling</i> )	
	- Chladicí okruh laktátových** roztoků ( <i>cold ringers lactate solution</i> )	
	- Chlazené fyziologické roztoky ( <i>cold saline solution</i> ), RIVA ( <i>Rychlá IntraVenózní Aplikace</i> )	
	- Odvrácený žilní tok krkavice ( <i>retrograde jugulas vein flow</i> )	
	- Nosohltanové chlazení ( <i>nasopharyngeal catheter</i> )	
	- Použití medikamentů ( <i>antipyretická terapie</i> ) <sup>[50]</sup>	

\* Nazogastrické chlazení – chlazení podáním zchlazených tekutin a potravin přímo do žaludku

\*\* Laktát - sůl kyseliny mléčné

## 2.2 Aktuální přístrojová technika pro navození chladícího účinku hypotermie

### 2.2.1 Vodní systémy

#### a) **BLANKETROL III**

Blanketrol III představuje nejrychlejší alternativu kontrolovaného a definovaného řízení pacientovy teploty. Jedná se o mikroprocesorem řízený hyper-hypotermický vodní systém. Udržuje teplotu těla na požadované hodnotě. Přístroj je vybaven funkcemi, které jej činí nejmodernějším ze všech doposud používaných hyper-hypotermických systémů. Umožňuje programování gradientů teploty a tím umožňuje jednoduché a neagresivní řízení teploty. Umožňuje zvolit jakoukoliv hodnotu přírůstku teploty v rozmezí 1 až 35 °C změnou průtoku (velký průtok = rychlejší chlazení), čímž umožní akceptovat individuální potřeby jednotlivých pacientů s ohledem na rychlost ohřevu nebo chlazení. <sup>[59]</sup> Důležitým příslušenstvím je pokrývka hlavy a vesta. Může obsluhovat i tři matrace současně. <sup>[58]</sup>

Charakteristika: - Velký průtok vody

- Rychlá odezva

- Velmi tichý chod

- Rychlá, úsporná a bezpečná.

#### b) **HEMOTHERM 400 MR**

Je určený pro celkové ochlazení pacienta při kardiochirurgických operacích (hyper-hypotermický vodní systém). Přístroj je jednoduchý, mobilní, kompaktní, provozně tichý a mikroprocesorem řízený. Umožňuje dodávat teplou nebo chladnou vodu do kyslíkového oxygenátoru a do vodních matrací. Obsahuje dva rezervoáry, jeden pro chladnou a druhý pro teplou vodu. Tyto dva rezervoáry umožňují velmi rychlou odezvu. Každý rezervoár je samostatně řízen

a teplota jeho náplně je snímána a zobrazována. Přístroj je charakteristický vysokým průtokem. Není potřeba led. <sup>[58]</sup>

Charakteristika: - Kompresorové chlazení, není potřeba žádný led.

- Velký průtok vody 13/l za min.

- Velmi rychlá odezva.



Obrázek 26 - BLANKETROL III [58]



Obrázek 27 - HEMOTHERM 400 MR  
na dálkové ovládání [58]

### c) Vodní matrace

Jsou určeny k povrchovému chlazení. Většinou jsou vyrobeny z polyuretanu (PUR) a jsou odolné proti poškození (propíchnutí apod.). Polyuretan je nepórovitý materiál, který zabraňuje proniknutí krve, špíny a zbytků tkání. Matrace dobře izolují od vnějšího okolí a tím brání úniku chladu. Vnitřní členění matrací zaručuje rychlou, efektivní a jednotnou cirkulaci chladicího média (vody) a lepší rozložení teploty. Vyrábí se v různých velikostech (pro novorozence, děti a dospělé). Často jsou určeny pro několikanásobné použití. Délka hadic je 2,7 metrů a izolační pěna předchází kondenzaci. [58, 59] Tkaná konstrukce vodních příkrývek má ale nedokonalé přilnavé vlastnosti, které způsobují tenkou vzdušnou mezeru mezi podložkou a pokožkou. Tepelný přenos se tak stává méně účinným, protože vzdušná mezera minimalizuje a brání sdílení tepla mezi látkou a kůží. Netěsnost v kombinaci s přetlakem vody způsobí únik skrz panel při poškození. Často musí být tento systém doplněn ještě jiným způsobem chlazení. Objem prostředků zasahuje výrazně do péče o pacienta. Nevýhodou chlazení vodními příkrývkami je pomalá rychlost chlazení a sporadická kontrola cílené teploty (hrozí překmit). [60]

**Obrázek 28 - Vodní matrace "PlastiPad" [58]****Obrázek 29 - Vodní matrace "Maxi-Therm" [58]****d) MAXI-THERM LITE (vesta a chladící čepice)**

Chladící čepice je lokální neinvazivní metoda řízení teploty jádra těla dosaženého oteplováním/ ochlazováním hlavních zásoben krve do a z mozku. Uvnitř cirkuluje tepelně upravená voda. Pouze 11% tvoří povrch, zbytek je voda. Zvětšená vodní plocha zvyšuje efektivitu. Jsou vybaveny vlastními těsníci konektory, které brání úniku vody. [59] Vesta je navržena tak, aby plně objala celé torzo pacienta. Většinou se aplikuje vesta s čepicí. Používá se v kombinaci se systémem Blanketrol III. Podložky jsou měkké, lehké a zůstávají ohebné i při nejchladnějších teplotách. Výhodou je snadná dostupnost pacienta k rutinním zákrokům. Vestu a čepici používají často i operatéři pro zvýšení komfortu - snižují pocení a únavu při náročných operacích. Jsou relativně lehké. [58, 59]

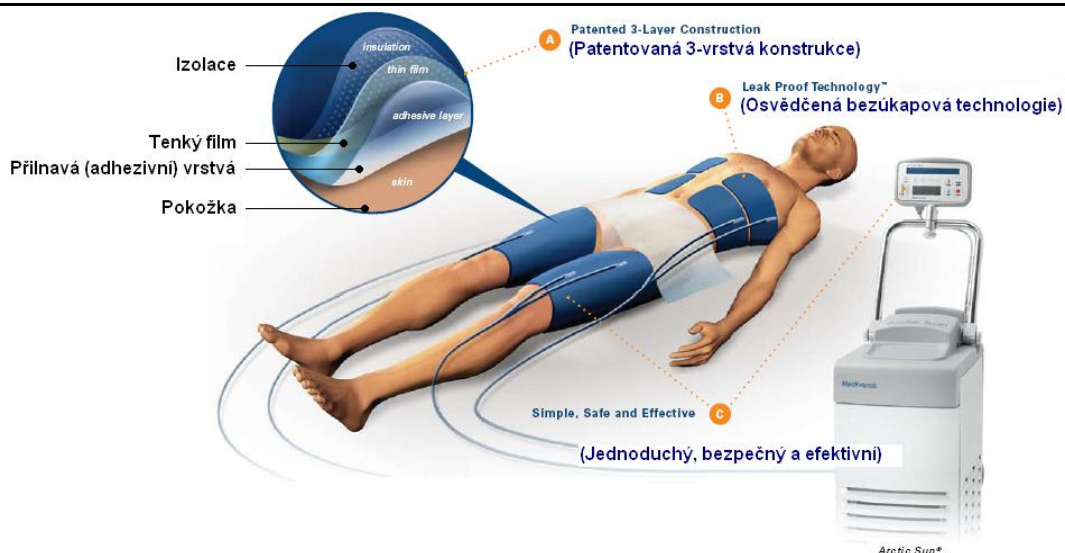
**Obrázek 30 - Chladící vesta a čepice "Maxi-Therm Lite" [59]****e) ARCTIC SUN 2000 (+chladící panely Arctic Gel) [60]**

Jedná se o neinvazivní systém vodního chlazení. Je mobilní, má tichý chod a malé rozměry. Reguluje teplotu mezi 4°C a 42°C (39.2°F a 107.6°F) skrz ArcticGel-ové panely. Těmi protéká přibližně 0.7 litru za minutu (na 1 panel).



Objem vody v oběhu je cca 1 litr. Kapacita nádrže je 5 litrů. Systém funguje buď v automatickém, nebo manuálním režimu. Zařízení se nedoporučuje použít na pacienty s hmotností nad 100kg, neboť u těžších pacientů je ovlivněn průtok jejich hmotností a tím i nižší účinnost. ArcticGel je materiál s velkou tepelnou vodivostí. Ta zprostředkovává účinný tepelný přenos kontaktem. V zařízení se používá jen destilovaná nebo sterilní voda. Použití jiných tekutin zařízení poškodí. Patentovaný podtlak vody, která cirkuluje skrz panely, způsobí, že při propíchnutí nebude voda prosakovat. Každé porušení nebo netěsnost v systému má ale za následek vstup vzduchu do obvodu. Vniknutí vzduchu v důsledku podtlaku způsobuje tvorbu bublin, které působí jako izolace a snižují tak výkon systému. Také obsah vodíku ve vodě ovlivní vodivost panelu. Panely se doporučuje měnit každých 5 dní. Každý panel je opatřen vstupem a výstupem. Až šest panelů může být spojeno sériově. Každý panel je z vnějšku izolován a minimalizuje tak vliv přestupu tepla z prostředí a zefektivňuje tak chlazení. Minimální pokrytí pacientova povrchu těla nezasahuje a neomezuje dlouhodobou intenzivní péči. Nebrání rentgenovým a dalším procedurám. Během manuálního řízení se musí kontrolovat teplota. Často se používá v kombinaci s teplotní sondou, která měří a ukazuje teplotu v reálném čase. Dokonalý dotyk s pokožkou zajišťuje biokompatibilní přilnavé lepidlo. Nevýhodou tohoto přístroje je ale fakt, že může dojít k pleťovému poškození z důsledku tlaku v kombinaci s chladem. Přístroj by měl být proto používán pod kvalifikovaným lékařským dohledem. Automatizovaná regulace zabezpečuje rychlé a přesné dosažení cílové teploty, minimalizuje vystavení pacienta extrémním teplotám. Změna z pokojové teploty 20°C na teplotu 37°C (98,6°F) trvá v řídicí jednotce méně než 7 minut. Snížení teploty z 20°C (68°F) na 4°C (39,2°F) je docíleno cca do 15 minut. Pro zrychlení efektu se panely předchlazují. Správná velikost panelu ovlivňuje celkový chladicí efekt. Panely by měly pokrývat nejméně 40% povrchu těla. Výstupní teplotu může ovlivnit nezaizolování přikrývky. Průměrná rychlost chlazení při správné indikaci hypotermie je 1,0-1,5°C/hodinu. <sup>[60]</sup>





Obrázek 31 - Schéma systému "Arctic Sun 2000" [60]

**Vrstvy chladičoho panelu:**



- 1) **Adhezní vrstva** - zabezpečí přímý kontakt s pokožkou
- 2) **Tenká střední vrstva (film)** - je vhodná pro tepelný přenos  
slouží jako zábrana proti úniku
- 3) **Vnější isolační vrstva** - chrání před vnějšími tepelnými  
ztrátami z prostředí. Je pěnová.



**f) Olympic Cool-Cap ® System**

CoolCap je jediné oficiálně schválené zařízení určené pro záchranu dětí se středně těžkou a těžkou hypoxickou ischemií. Čepice umožňuje lokální řízené chlazení kritické oblasti hlavy po dobu 72 hodin a udržbu teploty v bezpečných mezích 34 až 35°C. Použití čepice v prvních šesti hodinách života může předejít poškození mozku u novorozence nebo významně redukovat případné následky. Použití této čepice nemá žádné vedlejší účinky. Další uplatnění nachází u pacientů podstupujících chemoterapii, kde zabraňuje vypadávání vlasů. Čepice se skládá ze tří vrstev, které se na sebe nasazují. Izolující vnější čepice pomáhá udržet chlad odražením radiačního tepla od teplejšího záření. Záložní čepice drží vodní čepici bezpečně na místě. Vodní čepice je síť pružných kanálů s obíhající vodou. Poskytuje účinný, řízený a rovnoměrný chladicí kontakt bez tlaku přímo s pokožkou. <sup>[61]</sup>

Izolující vnější čepice



Záložní čepice



Vodní čepice



**Obrázek 32 -** Třídílná konstrukce může mít tři velikosti (malý, prostředek, velký) [61]



**Obrázek 33 -** chlazení hlavy novorozence systémem OLYMPIC COOL-CAP [61]

## 2.2.2 Intravaskulární systém chlazení “Alsius intravascular temperature management” <sup>[62]</sup>

Nahrazuje použití povrchových metod. Metoda využívá speciální katétr, zavedený do centrálního žilního systému (dolní duté žíly), ve kterém v uzavřeném okruhu cirkuluje chladný fyziologický roztok. Jeho teplota a rychlost proudění jsou řízeny prostřednictvím extrakorporální jednotky na základě informací o teplotě tělesného jádra z teplotního čidla. Roztok cirkuluje ve speciálním katéttru.

Trojcestný katétr je opatřen dalším vstupem a výstupem pro uzavřený okruh cirkulace chladicího média (fyziologického roztoku), které protéká v balóncích podél katéttru a tak dochází k tepelné výměně mezi médiem a krví. Katétr se propojí s jednotkou a uzavře se tak okruh pro cirkulaci chladicího média. Zařízení je schopno pracovat v rozmezí 0° až 42 °C s dosažitelnou přesností  $\pm 0,2^{\circ}\text{C}$ . Hadičky katéttru jsou sterilizované gama zářením a určeny pouze k jednomu použití.

Přístroj umožňuje zpracování a ukládání dat formou teplotní křivky. Endovaskulární řízená hypotermie je metoda rychlá, přesná, velmi jednoduchá pro obsluhu a přinejmenším stejně účinná jako konvenční ochlazovací techniky. [4, 60, 62,]



**Obrázek 34 - Endovaskulární chlazení [4]**



Obrázek 35 - Trojcestný centrální žilní katétr [62]

### 2.2.3 Selektivní ochlazování mozku cévkou RhinoChill™ [50]

Je neinvazivní chlazení nosní dutiny. Zařízení se skládá z nosní cévky, která dodává proprietární inertní, chladicí kapalinu do nosohltanu u pacientů vyžadujících podchlazení. Odpařovaná chladicí kapalina se “sprejuje” do nosní dutiny (nosohltanu), kde se začíná odpařovat. Tato dutina slouží jako výměník tepla a leží přímo v oblasti mozku. Technologie umožňuje chlazení realizovat mnohem dříve, než je možné s tradičními metodami.

Podle Maareta Castrena MD Ph.D z katedry “Klinické vědy a vzdělávání” Karolinskeho Institutu Stockholm byla cílová bubínková teplota (měřeno v uchu) 34 stupňů dosažena o tři hodiny rychleji. Metoda byla testována na 200 pacientech, přičemž komplikace se vyskytly u 13 z nich. Výhodou je snadné použití metody v terénu bez nároku na přítomnost specializované osoby. Systém neobsahuje chladicí jednotku. [63, 65]



Obrázek 36 - Cévkou v nosní dutině a rozstřík chladiva [119]

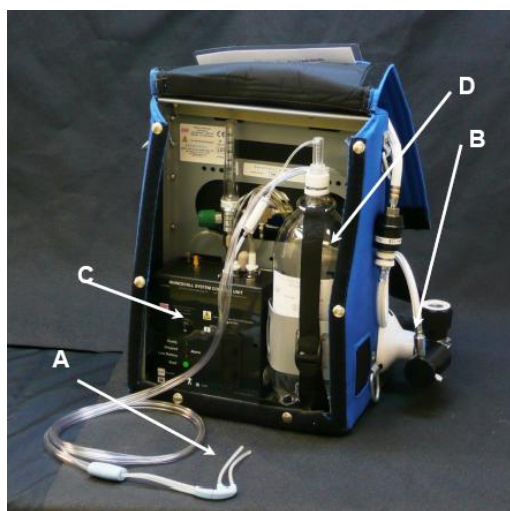


**Obrázek 37 - Rozstřikování chladiva v nosní cévce RhinoChill [63]**

Katétr je připojen na láhev s chladicí kapalinou. Kyslík pak protéká touto láhví a tlačí chladivo ven. Jakmile se dostane kyslík s chladivem do nosu, pomáhá kapalině rychleji se odpařovat. [64, 65]



**Obrázek 38 - Nosní cévka “RhinoChill“**  
A- chlazení rozstřikem, B-nosní katétr[64]



**Obrázek 39 - RhinoChill™ intra-nasal cooling systém,**  
A-nosní katétr, B-nádrž s plynem,  
C-kontrolní jednotka, D-láhev s chladivem [64]

#### 2.2.4 Systém RES-Q-AIR model HT-1000 [66]

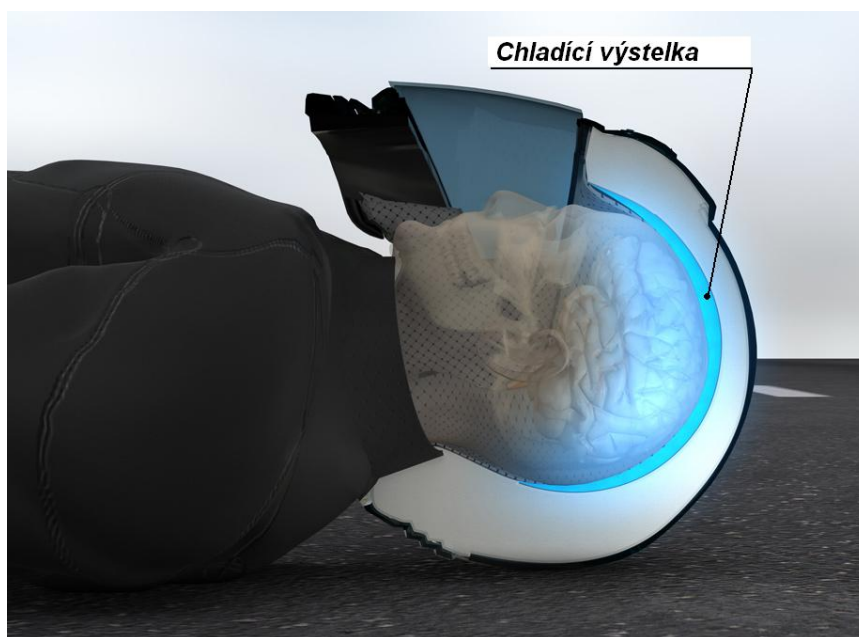
Rewarming Core, je velmi účinná a bezpečná metoda léčby pro všechny úrovně chlazení (úrovně: mírná, střední, hluboká), která dodává chlad přímo do oblasti hlavy, krku, hrudníku a jádra (tzv. kritického jádra). Ochlazuje se vdechováním (inhalováním) studené vody nasycené vzduchem nebo kyslíkem. Tato metoda chladí hypotalamus, a reguluje tak významně jeho teplotu. Používá se jak v nemocnicích, tak v sanitních vozech. Vyžaduje používání proškolenou osobou. [66]



### 2.2.5 Chladicí helma ThermoHelm <sup>[67]</sup>

Helma funguje jako airbag. Aktivuje se *nárazem* a plní funkci jakéhosi ledového obkladu. Pomáhá zchladit hlavu jezdce a zahájit aplikaci hypotermie přímo po nárazu ještě před příjezdem záchranné služby. Takové zchlazení zabrání otoku mozku a významně zvýší naději na přežití.

Uvnitř helmy je použita výstelková izolační pěna (stejná jako se používá u izolací ledniček), která částečně pohlcuje nárazovou energii. Chladicí výstelka uvnitř obsahuje dvě vrstvy. V první vrstvě, která je opatřena drobnými hroty, je gel nebo voda, ve druhé pak dusičnan amonný. Po nárazu se obě látky smísí a začne probíhat tzv. endotermická reakce, díky níž dojde k výraznému ochlazení, což odvádí teplo z hlavy. Chemikálie nejsou zdraví nebezpečné. Helma je schopná chladit 30 až 45 minut. <sup>[67]</sup>



**Obrázek 40** - Chladicí helma “ThermoHelm“ cena je asi 15 000 korun <sup>[67]</sup>



Následující text je předmětem průmyslové ochrany a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě diplomové práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího diplomové práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.







































## Literatura a jiné zdroje

- [1] OREL, Miroslav; FACOVÁ, Věra. *Člověk, jeho mozek a svět*. vyd. 1. Havlíčkův Brod : Grada, 2009. 256 s. ISBN 978-80-247-2617-5.
- [2] DVOŘÁK, Aleš. *Chladicí zařízení pro hypotermii lidské tkáně : Hlava*. Ostrava, 2009. 51 s. Diplomová práce. VŠB-Technická universita Ostrava. Dostupné z WWW: <<http://dspace.vsb.cz/handle/10084/71832>>. 200900592.
- [3] VOBRUBA, Václav. Řízená hypotermie v léčbě hypoxicko-ischemické encephalopatie u novorozenců. *Ordinace.cz* [online]. 15.10.2008, 1, [cit. 2010-04-12]. Dostupný z WWW: <<http://www.ordinace.cz/clanek/rizena-hypotermie-v-lecbe-hypoxicko-ischemicke-encephalopatie-u-novorozencu/>>.
- [4] OŠŤÁDAL, Petr, et al. Endovaskulární řízená hypotermie u nemocných po srdeční zástavě. *ZDN.cz* [online]. 6.11.2009, [cit. 2010-04-12]. Dostupný z WWW: <<http://www.zdn.cz/clanek/postgradualni-medicina/endovaskularni-rizena-hypotermie-u-nemocnych-po-srdecni-zastave-448001>>.
- [5] ZLATTNEROVÁ, Jana Při zástavě srdce využíváme hypotermii. In . [s.l.] : [s.n.], 12.5.2009 [cit. 2010-04-10]. Dostupné z WWW: <<http://www.nsphav.cz/pro-media/tiskove-zpravy/pri-zastave-srdce-vyuzivame-hypotermii.html>>.
- [6] ZDRAŽIL, Zdeněk. *Chladicí zařízení pro hypotermii lidské tkáně : Končetina*. Ostrava, 2008. 68 s. Bakalářská práce. VŠB-Technická universita Ostrava. Dostupné z WWW: <<http://dspace.vsb.cz/handle/10084/71833>>. 200900601.
- [7] MRČKA, Martin - FADRUS, Pavel - NEUMAN, Eduard - GÁL, Roman. Použití mírné hypotermie v neurochirurgii. *Časopis lékařů českých*, Praha, Česká lékařská společnost J.E. Purkyně. ISSN 0008-7335, 2005, vol. 144, no. 1, s. 19-23.
- [8] MELICHAR, Jan; BERKA, Ivan; KUČERA, Jáchym Interdisciplinární aspekty neonatálního resuscitačního programu : resuscitace novorozence. In . Praha : Katedra gynekologie a porodnictví, 10.1.2007 [cit. 2010-04-11]. Dostupné z WWW: <<http://www.zdn.cz/clanek/postgradualni-medicina/interdisciplinari-aspekty-neonatalniho-resuscitacniho-programu--285047>>.
- [9] *Hypotermie : Podchlazení* [online]. Wikipedie, 2008 [cit. 2010-02-09]. Klíčové slovo "Hypotermie". Dostupný z WWW: <<http://cs.wikipedia.org/wiki/Podchlazen%C3%AD>>.
- [10] VALOVČINOVÁ, Dagmar. *Hypotermie z pohledu neodkladné péče*. Praha , 2008. 53 s. , obr. příl. Vyšší odborná škola zdravotnická a Střední zdravotnická škola Praha obor Diplomovaný zdravotnický záchranář. Vedoucí absolventské práce Bc. Jiří Čáp. Dostupný z WWW: <<http://zachrana.patekolo.org/hypotermie-z-pohledu-neodkladne-pece/>>.

- [11] KRANSINGH, S Therapeutic hypothermia. In . University of Kwazulu-Natal : [s.n.], 24.10.2008 [cit. 2010-04-11]. Dostupné z WWW: <<http://anaesthetics.ukzn.ac.za/Uploads/5b73f4a6-9181-42c2-90e0-c316344ad4c7/Therapeutic%20hypothermia%20%20%20Dr%20Kransingh.pdf>>.
- [12] ROTHOERL, Ralf; BRAWANSKI, Alexander Deep Hypothermia and Circulatory Arrest in Cerebrovascular Surgery: Hypothermia and Neuroprotection. In . 1.0. Neurochirurgické oddělení, University of Regensburg-Německo : [s.n.], 2006 [cit. 2010-04-11]. Dostupné z WWW: <<http://www.medscape.com/viewarticle/545330>>.
- [13] Dominique Jean Larrey In *Wikipedia : the free encyclopedia* [online]. St. Petersburg (Florida) : Wikipedia Foundation, 30.1.2010, [cit. 2010-04-11]. Dostupné z WWW: [http://cs.wikipedia.org/wiki/Dominique\\_Jean\\_Larrey](http://cs.wikipedia.org/wiki/Dominique_Jean_Larrey)
- [14] NEUMAN, Eduard. *Použití mírné řízené hypotermie v resuscitační péči u pacientů s těžkým spontánním subarachnoidálním krvácením*. Brno, 2008. 66 s. Dizertační práce. Masarykova universita - Lékařská fakulta. Dostupné z WWW: <[https://is.muni.cz/th/18142/lf\\_d/Eduard\\_Neuman\\_-\\_PHD\\_zaverecna\\_prace\\_\\_20leden08.pdf](https://is.muni.cz/th/18142/lf_d/Eduard_Neuman_-_PHD_zaverecna_prace__20leden08.pdf)>.
- [15] GÁL, Roman Současné možnosti použití mírné hypotermie jako neuroprotektivní metody. In . Brno - Bohunice : [s.n.], 20.10. 2008 [cit. 2010-04-09]. Dostupné z WWW: <[http://www.polymedmedical.sk/cms/pdfs/MEDVision\\_Doc\\_Gal.pdf](http://www.polymedmedical.sk/cms/pdfs/MEDVision_Doc_Gal.pdf)>.
- [16] MANSFIELD, Cheryl. That's Cool! [online]. 12.13.2004 [cit. 2010-04-15]. Feature. Dostupné z WWW: <[http://www.nasa.gov/missions/science/cool\\_suit.html](http://www.nasa.gov/missions/science/cool_suit.html)>.
- [17] Free patents online : all the inventions of mankind [online]. 2004 [cit. 2010-04-16]. Dostupné z WWW: <<http://www.freepatentsonline.com/>>.
- (1) <http://www.freepatentsonline.com/4138743.pdf>
- (2) <http://www.freepatentsonline.com/4190054.pdf>
- (3) <http://www.freepatentsonline.com/5163425.pdf>
- (4) <http://www.freepatentsonline.com/5062424.pdf>
- (5) <http://www.freepatentsonline.com/5342411.pdf>
- (6) <http://www.freepatentsonline.com/6312453.pdf>
- (7) <http://www.freepatentsonline.com/6277143.pdf>
- (8) <http://www.freepatentsonline.com/7008445.pdf>
- [18] Hibernace In *Wikipedia : the free encyclopedia* [online]. St. Petersburg (Florida) : Wikipedia Foundation, , 24.2.2010 [cit. 2010-04-13]. Dostupné z WWW: <<http://cs.wikipedia.org/wiki/Hibernace>>.
- [19] CIKRT, Miroslav; MÁLEK, Bohuslav. *Pracovní lékařství : Hygienu práce*. Vyd. 1. Praha : CIVOP, 1995. 253 s. ISBN 80-900151-2-3.
- [20] RICHARDS, A. EDWARDS, S. *Repetitorium pro zdravotní sestry*. Praha: Grada, 2004. 365s. ISBN 0443053952

- [21] KAŇKOVSKÁ, Karin. *Hypotermie v resuscitační péči* [online]. Olomouc : Oddělení urgentního příjmu FN Olomouc, 2010 [cit. 2010-02-08]. Dostupný z WWW: <<http://public.fnol.cz/www/urgent/Seminare/20090212/HYPOTRP.pdf>>.
- [22] KUBALOVÁ, Jana, TUČEK, David, HONZÍK, Martin. Hypotermie v přednemocniční péči. In *Urgentní medicína : Časopis pro neodkladnou lékařskou péči*. České Budějovice : Mediprax CB, 2007. Hypotermie v přednemocniční péči. s. 13-20. Dostupný z WWW: <[http://www.mediprax.cz/um/casopisy/UM\\_2007\\_01.pdf](http://www.mediprax.cz/um/casopisy/UM_2007_01.pdf)>.
- [23] LUKÁŠ, Karel, ŽÁK, Aleš. *Chorobné znaky a příznaky*. Praha : Grada, 2009. 520 s. Dostupný z WWW: <[http://www.grada.cz/katalog/kniha/chorobne-znaky-a-priznaky\\_5398/listovani-google/](http://www.grada.cz/katalog/kniha/chorobne-znaky-a-priznaky_5398/listovani-google/)>. ISBN 978-80-247-2764-6.
- [24] *Hypotermie : Úvodní poznámky* [online]. 2001 [cit. 2010-02-10]. Dostupný z WWW: <<http://www.zzsck.cz/cb/htm.htm>>.
- [25] LONSKÝ, Vladimír, DOMINIK, Jan, ŽÁČEK, Pavel. *Mimotělní oběh v současné klinické praxi* [online]. Hradec Králové : Kardiologická klinika LF UK a FN, Hradec Králové, 2005 [cit. 2010-02-08]. Dostupný z WWW: <[http://www.kardiologickeforum.cz/pdf/kf\\_05\\_02\\_08.pdf](http://www.kardiologickeforum.cz/pdf/kf_05_02_08.pdf)>.
- [26] ŠKULEC, R. BĚLOHLÁVEK, J. KOVÁRNÍK, T. DYTRYCH, V. PŠENÍČKA, M. HORÁK, J. LINHART, A. ASCHERMANN, M. První zkušenosti s indukci mírné hypotermie u nemocných po srdeční zástavě. 2005. 235s.
- [27] FRANĚK, Miloslav. *3.LF UK* [online]. 2008 [cit. 2010-04-14]. Termoregulace. Dostupné z WWW: <[old.lf3.cuni.cz/physio/Physiology/education/.../termoregulace.ppt](http://old.lf3.cuni.cz/physio/Physiology/education/.../termoregulace.ppt)>.
- [28] *Prof.Martinik* [online]. 2008 [cit. 2010-04-14]. Termoregulace. Dostupné z WWW: <<http://www.profmartinik.cz/wp-content/soubory/termoregulace.pdf>>.
- [29] CENTNEROVÁ, Lada. Tepelná pohoda a nepohoda : FYZIOLOGICKÉ REAKCE ČLOVĚKA NA OKOLNÍ PROSTŘEDÍ. *Vytápění větrání instalace* [online]. 13.12.2000, 5/2000, [cit. 2010-04-15]. Dostupný z WWW: <<http://www.tzb-info.cz/t.py?t=2&i=404>>.
- [30] *Vybrané kapitoly z fyziologie odívání* [online]. 2008 [cit. 2010-04-15]. Základy termoregulace člověka. Dostupné z WWW: <<http://www.szs-most.cz/vyucujici/dokumenty/somatologie/vyuka/teorie.pdf>>.
- [31] JANDOVÁ, Dobroslava. *Balneologie* [online]. Havlíčkův Brod : GRADA, 2009 [cit. 2010-04-14]. Transport tělesného tepla a výměna tělesného tepla s okolím, 424 s. . Dostupné z WWW: <[http://books.google.cz/books?id=2BjcsckCcYsC&pg=PA78&lpg=PA78&dq=termoregulace+%C4%8Dlov%C4%9Bka+konvekce&source=bl&ots=\\_BN5bU\\_iXY&sig=r\\_UCD\\_YjAQGU3SsM\\_nIkJlk95E&hl=cs&ei=qAXGS6nXOciWOL-6wLMP&sa=X&oi=book\\_result&ct=result&resnum=3&ved=0CA4Q6AEwAg#v=onepage&q=termoregulace%20%C4%8Dlov%C4%9Bka%20konvekce&f=false](http://books.google.cz/books?id=2BjcsckCcYsC&pg=PA78&lpg=PA78&dq=termoregulace+%C4%8Dlov%C4%9Bka+konvekce&source=bl&ots=_BN5bU_iXY&sig=r_UCD_YjAQGU3SsM_nIkJlk95E&hl=cs&ei=qAXGS6nXOciWOL-6wLMP&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=3&ved=0CA4Q6AEwAg#v=onepage&q=termoregulace%20%C4%8Dlov%C4%9Bka%20konvekce&f=false)>. ISBN 978-80-247-2820-9.

- [32] DYLEVSKÝ, Ivan. *Somatologie : Učebnice pro zdravotnické školy a bakalářské studium*. Olomouc : EPAVA, 2000. 480 s. ISBN 80-86297-05-5.
- [33] SILBERNAG, Stefan; DESPOPOULOS, Agamemnon. *Atlas fyziologie člověka*. 6. vyd. Praha : GRADA, 2004. 448 s. ISBN 80-247-0630-X.
- [34] KOTLÍK, Václav. *Svět hardware* [online]. 29.11.2006 [cit. 2010-05-10]. Návrh pasivního chladiče (výměníku) pro PC. Dostupné z WWW: <[http://www.svethardware.cz/art\\_doc-7AB1158F3C9AD2CAC1257233005F6863.html](http://www.svethardware.cz/art_doc-7AB1158F3C9AD2CAC1257233005F6863.html)>.
- [35] KRÁSNÍČANOVÁ, Hana. *Kompendium pediatrické auxologie : Frontookcipitální obvod hlavy* [online]. 2000 [cit. 2010-02-08]. Dostupný z WWW: <<http://www.ojrech.cz/lesny/kompendium/foh.htm>>.
- [36] TRNA, Josef, TRNOVÁ, Eva. *Měříme lidské tělo* [online]. Praha : 2005 [cit. 2010-02-08]. Dostupný z WWW: <[http://kdf.mff.cuni.cz/veletrh/sbornik/Veletrh\\_10/10\\_03\\_Trna.html](http://kdf.mff.cuni.cz/veletrh/sbornik/Veletrh_10/10_03_Trna.html)>.
- [37] ROZTOČIL, A. *Moderní porodnictví*. Praha: Grada, 2008. 405s. ISBN 978-80-247-1941-2
- [38] ČIHÁK, R. *Anatomie I. (druhé, upravené a doplněné vydání)*. Praha: Grada, 2001. 500s. ISBN: 80-7169-970-5
- [39] <http://www.stefajir.cz/files/CislaPed.doc> [dat. 2.2. 2010]
- [40] KONVIČKOVÁ, S., VALENTA, J. *Biomechanika srdečně cévního systému člověka*. Praha: skripta ČVUT, 2006. 279s. ISBN 80-01-03425-9
- [41] *Kosterní soustava* [online]. 6.4. 2007 [cit. 2010-05-04]. Referáty biologie/přírodopis . Dostupné z WWW: <<http://dencisuper.blog.cz/0704/kosterni-soustava>>.
- [42] HUŠEK, Miloš. *Q Test* [online]. 2010 [cit. 2010-05-13]. Princip bezdotykového měření teploty. Dostupné z WWW: <<http://www.qtest.cz/bezdotykove-teplomery/bezdotykove-mereni-teploty.htm>>.
- [43] MORNSTEIN, Vojtěch. *Přednášky z lékařské biofyziky : Biosignály a jejich zpracování Měření teploty*. Brno, 2009. Prezentace. Masarykova univerzita, Brno. Dostupné z WWW: <[www.med.muni.cz/biofyz/doc/lec-cs/BiosignalyAMereniTeploty-fin.ppt](http://www.med.muni.cz/biofyz/doc/lec-cs/BiosignalyAMereniTeploty-fin.ppt)>.
- [44] MARKOVÁ, Lenka. *Fakultní nemocnice Brno* [online]. 2008 [cit. 2010-05-13]. Termoregulace Novorozence. Dostupné z WWW: <[http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:MP5apMjLc\\_AJ:www.fnbrno.cz/Data/files/NO/Termoregulace%2520novorozence%2520II..ppt+umo%C5%BEnil+m%C4%9B%C5%99en%C3%AD+teploty+bub%C3%ADnku+u+novorozenc%C5%AF&cd=1&hl=cs&ct=clnk&gl=cz&client=firefox-a](http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:MP5apMjLc_AJ:www.fnbrno.cz/Data/files/NO/Termoregulace%2520novorozence%2520II..ppt+umo%C5%BEnil+m%C4%9B%C5%99en%C3%AD+teploty+bub%C3%ADnku+u+novorozenc%C5%AF&cd=1&hl=cs&ct=clnk&gl=cz&client=firefox-a)>.
- [45] *Jnjcz* [online]. 5.1.2009 [cit. 2010-05-14]. Zákroky. Dostupné z WWW: <<http://www.jnjcz.cz/text-mdd-prehled-zakroku.html>>.

- [46] MATULIK. *MĚŘENÍ A REGULACE TEPLITY : SNÍMAČE TEPLITY* [online]. 2009 [cit. 2010-02-15]. Dostupný z WWW: <<http://www.aterm.cz/Teperm.htm>>.
- [47] Rosn%C3%BD bod In *Wikipedia : the free encyclopedia* [online]. St. Petersburg (Florida) : Wikipedia Foundation, , 13. 2. 2010 [cit. 2010-05-14]. Dostupné z WWW: <[http://cs.wikipedia.org/wiki/Rosn%C3%BD\\_bod](http://cs.wikipedia.org/wiki/Rosn%C3%BD_bod)>.
- [48] [http://www.nekor.biz/doc/Relativni\\_vlhkost.pdf](http://www.nekor.biz/doc/Relativni_vlhkost.pdf)
- [49] Hypotermie po KPCR. [online]. 2006, [cit. 2010-04-13]. Dostupný z WWW: <<http://www.zzshmp.eu/vybaveni/hypotermie-po-kcpr/>>.
- [50] ŠKULEC, R; TRUHLÁŘ, A; ŠEBLOVÁ, J. *Pre-cool : uszssk* [online]. 2008 [cit. 2010-04-13]. Léčebná hypotermie v přednemocniční péči. Dostupné z WWW: <<http://www.uszssk.cz/doccz/dir1043/file20691043p.pdf>>.
- [51] BARANOVÁ, Věra. *Terapeutická hypotermie po srdeční zástavě*. Brno, 2009. 67 s. , 10. MASARYKOVA UNIVERZITA Lékařská fakulta Katedra ošetřovatelství. Vedoucí bakalářské práce MUDr. Pavel Suk, Ph.D. Dostupný z WWW: <[http://is.muni.cz/th/69573/lf\\_b\\_a2/](http://is.muni.cz/th/69573/lf_b_a2/)>.
- [52] CALLEROVÁ, Jitka; ŠKULEC, Roman. *PRE-COOL (Pre-hospital Cooling in cardiac arrest patients) : MÍRNÁ HYPOTERMIE PO SRDEČNÍ ZÁSTAVĚ V PŘEDNEMOCNIČNÍ PÉČI* [online]. 2008 [cit. 2010-04-13]. Dostupné z WWW: <<http://www.pre-cool.cz/html/lednice-problemy.html>>.
- [53] PAZDERA, Josef. Přidušeným novorozencům prospívá ochlazení mozku. Osel.cz [online]. 1.2.2005, 1, [cit. 2010-04-13]. Dostupný z WWW: <<http://www.osel.cz/index.php?clanek=1103>>.
- [54] ZOLL : *Thermal Regulation Systems* [online]. 2009 [cit. 2010-04-13]. Intravascular Temperature Management. Dostupné z WWW: <<http://www.alsius.com/products/>>.
- [55] *A Hypothermia Treatment Technology Web Site* [online]. 18.10.2007 [cit. 2010-04-13]. Dostupné z WWW: <<http://www.hypothermia-ca.com/>>.
- [56] *QuickCool* [online]. 2009 [cit. 2010-04-13]. QuickCool Technology – Targeting portable hypothermia. Dostupné z WWW: <<http://www.quickcool.se/Contents.asp?id=11>>.
- [57] CALLEROVÁ, Jitka; ŠKULEC, Roman. *Pre-cool* [online]. Beroun-Hořovice : 2008 [cit. 2010-04-12]. Mírná hypotermie po srdeční zástavě v přednemocniční péči-provedení, kazuistika. Dostupné z WWW: <[http://www.pre-cool.cz/hypotermie\\_KV\\_dny\\_PNP\\_02-2008\\_sestry.pdf](http://www.pre-cool.cz/hypotermie_KV_dny_PNP_02-2008_sestry.pdf)>.
- [58] *Polymed medical CZ* [online]. 2008 [cit. 2010-04-19]. Hyper a hypotermické systémy. Dostupné z WWW: <<http://www.polymed.sk/cz/pristrojova-technika/vodni-systemy/>>.
- [59] *CSZ Medical* [online]. 2010 [cit. 2010-04-19]. Localized Heat Therapy Systems Heat Therapy Pads from Cincinnati Sub-Zero. Dostupné z WWW: <<http://www.cszmedical.com/products/localizedheat/maxithermlite.htm>>.



- [60] *Medivance* [online]. 2009 [cit. 2010-04-19]. Arctic Sun. Dostupné z WWW: <[http://www.medivance.com/html/products\\_arcticsun.htm](http://www.medivance.com/html/products_arcticsun.htm)>.
- [61] *OLYMPIC COOL-CAP® SYSTEM* [online]. 2008 [cit. 2010-04-17]. Newborn Brain Injury. Dostupné z WWW: <[http://www.natus.com/index.cfm?page=products\\_1&crd=115](http://www.natus.com/index.cfm?page=products_1&crd=115)>.
- [62] *Delta surgical* [online]. 2010 [cit. 2010-04-19]. Alsius is a pioneer. Dostupné z WWW: <<http://www.deltasurgical.co.uk/alsius.html#top>>.
- [63] *Benechill* [online]. 15.11.2009 [cit. 2010-04-19]. New Intra-Arrest Cooling Method May Save More Brains During Cardiac Arrest. Dostupné z WWW: <[http://www.benechill.com/pdf/benechill\\_pr\\_11-15-09.pdf](http://www.benechill.com/pdf/benechill_pr_11-15-09.pdf)>.
- [64] CASTRÉN, Maaret. *Directnews* [online]. 2009 [cit. 2010-04-19]. Presenter disclosure information. Dostupné z WWW: [http://directnews.americanheart.org/extras/sessions2009/slides/13\\_pslides.pdf](http://directnews.americanheart.org/extras/sessions2009/slides/13_pslides.pdf)
- [65] DOYLE, Jennifer. *Jems.com* [online]. 2009 [cit. 2010-04-19]. RhinoChill from BeneChill - Article. Dostupné z WWW: <[http://www.jems.com/news\\_and\\_articles/articles/through\\_the\\_nose.html](http://www.jems.com/news_and_articles/articles/through_the_nose.html)>.
- [66] *RES-Q-AIR model Ht-1000* [online]. 2004 [cit. 2010-04-19]. A Hypothermia Treatment Technology Web Site. Dostupné z WWW: <<http://www.hypothermia-ca.com/res-q-air.htm>>.
- [67] *The Sussex Innovation centre* [online]. 24.11.2009 [cit. 2010-04-19]. Chemical brain-cooling ThermoHelm crash helmet praised as a “life saver” by Speedway legend Martin Dugard. Dostupné z WWW: <<http://www.sinc.co.uk/news/?p=330>>.
- [68] HUBKA, V. *Konstrukční nauka*. Zürich: Heurista, 1995. 105s. ISBN 80-901135-0-8.
- [69] Peltier%C5%AFv %C4%8Dl%C3%A1nek In *Wikipedia : the free encyclopedia* [online]. St. Petersburg (Florida) : Wikipedia Foundation, , [cit. 2010-05-07]. Dostupné z WWW: <[http://cs.wikipedia.org/wiki/Peltier%C5%AFv\\_%C4%8Dl%C3%A1nek](http://cs.wikipedia.org/wiki/Peltier%C5%AFv_%C4%8Dl%C3%A1nek)>.
- [70] KUBINA, Pavel . Regulace teploty pomocí Peltierových termoelektrických modulů . *Automa* [online]. 21.10.2005, 11, [cit. 2010-05-07]. Dostupný z WWW: <[http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id\\_document=30765](http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=30765)>.
- [71] REICHL, Jaroslav; VŠETIČKA, Martin. *Encyklopedie fyziky* [online]. 2006 [cit. 2010-05-07]. Peltierův jev. Dostupné z WWW: <<http://fyzika.jreichl.com/index.php?sekce=browse&page=911>>.
- [72] ČERMÁK, Patrik. *Www.tretipol.cz* [online]. 2009 [cit. 2010-05-08]. Elektřina přímo z tepla. Dostupné z WWW: <<http://www.tretipol.cz/888/print>>.
- [73] REDAKCE, HW serveru. *Hw.cz* [online]. 16.12. 1999 [cit. 2010-05-07]. Peltierovy termobaterie. Dostupné z WWW: <<http://hw.cz/Teorie-a-praxe/Dokumentace/ART652-Peltierovy-termobaterie.html>>.

- [74] *Con Brio* [online]. 2009 [cit. 2010-05-07]. Peltierův jev. Dostupné z WWW: <<http://www.peltier.cz/>>.
- [75] *Moto helmy* [online]. 2008 [cit. 2010-05-14]. Recenze moto přileb. Dostupné z WWW: <<http://www.moto-helmy.cz/recenze-moto-prileb>>
- [76] NAWAZ, Ali Khan. *E medicine* [online]. Manchester : 15.2. 2010 [cit. 2010-05-14]. Skull, Fractures. Dostupné z WWW: <http://translate.google.cz/translate?hl=cs&langpair=en|cs&u=http://emedicine.medscape.com/article/343764-overview>
- [77] BEJČEK, Ludvík; VACULÍK, Jan. Snímače tlaku – přehled trhu. *Automatizace* [online]. Leden 2006, 49, 1, [cit. 2010-05-16]. Dostupný z WWW : <<http://www.automatizace.cz/article.php?a=1025>>.
- [78] *Transfer Multisort Elektronik : Electronic Components* [online]. 1.0. 2009 [cit. 2010-03-15]. TEM . Dostupné z WWW: <[http://www.tme.eu/cz/katalog/snimace-tlaku\\_100439/#id\\_category%3D100439%26](http://www.tme.eu/cz/katalog/snimace-tlaku_100439/#id_category%3D100439%26)>.
- [79] <http://pc.itek.cz/chladice-ostatni/X9738283-COL-AC-SILVER-ASTA>
- [80] Thermal grease In *Wikipedia : the free encyclopedia* [online]. St. Petersburg (Florida) : Wikipedia Foundation, , [cit. 2010-05-16]. Dostupné z WWW: <[http://en.wikipedia.org/wiki/Thermal\\_grease](http://en.wikipedia.org/wiki/Thermal_grease)>.
- [81] VÍTEK, Jan. *Svět hardware* [online]. 24.4.2009 [cit. 2010-05-08]. Vodní chlazení. Dostupné z WWW: <[http://www.svethardware.cz/art\\_doc-0CA38BBDD7D85D9EC125759C007D51DE.html](http://www.svethardware.cz/art_doc-0CA38BBDD7D85D9EC125759C007D51DE.html)>.
- [82] <http://www.alza.cz/alphacool-laing-d5-12v-d87610.htm>
- [83] <http://www.hadice.net/294-hadicka-pvc/>
- [84] <http://www.alza.cz/koncovy-sroub-alphacool-d94286.htm>
- [85] KOPÁČEK, Jaroslav; PAVLOK, Bohuslav. *Tekutinové mechanismy*. 2. vydání. Ostrava : VŠB-TUO, 2005. 156 s. ISBN 80-248-0856-0.
- [86] <http://www.hawco.co.uk/UserFiles/MediaLibrary/700-908%20Adjustable%20Bimetal%20Thermostats.pdf>
- [87] *EO Computer : Katalog zboží* [online]. 2004 [cit. 2010-02-24]. ARCTIC SILVER - ASTA-7G Premium Silver Thermal Epoxy. Dostupné z WWW: <<http://www.eo.cz/TGTA004907-arctic-silver-asta-7g-premium.html>>.
- [88] [http://www.engineeringtoolbox.com/thermal-conductivity-d\\_429.html](http://www.engineeringtoolbox.com/thermal-conductivity-d_429.html)
- [89] Tepelná vodivost In *Wikipedia : the free encyclopedia* [online]. St. Petersburg (Florida) : Wikipedia Foundation, 1. 12. 2009, [cit. 2010-03-11]. Dostupné z WWW: <[http://cs.wikipedia.org/wiki/Tepeln%C3%A1\\_vodivost](http://cs.wikipedia.org/wiki/Tepeln%C3%A1_vodivost)>.

- [90] MIKULKA, Roman. *Materiály pro elektrotechniku : Peltierův článek* [online]. Pardubice, 2008. 14 s. Laboratorní cvičení. Universita Pardubice. Dostupné z WWW: <[http://studentkmt.hostuju.cz/Materialy/LS\\_2/IMPEE/IMPEE\\_Zapocet3.pdf](http://studentkmt.hostuju.cz/Materialy/LS_2/IMPEE/IMPEE_Zapocet3.pdf)>.
- [91] DŘÍNEK, Milan a redakce HW serveru. *Hw.cz* [online]. 23.12.1999 [cit. 2010-05-08]. Peltierovy termobaterie 2. Dostupné z WWW: <<http://hw.cz/Teorie-a-praxe/Dokumentace/ART650-Peltierovy-termobaterie-2.html>>.
- [92] <http://www.hledejsoucastky.cz/Hledani.aspx?lastsearch=tec1>
- [93] <http://www.ges.cz/tec1-12703-ges05600287.html>
- [94] <http://lairdtech.thomasnet.com/viewitems/thermoelectric-modules-2/-series-peltier-solid-state-thermoelectric-coolers?&bc=100|3001624|3001688>
- [95] ČERMÁK, Patrik. *Termoelektrické jevy a jejich měření*. Pardubice, 2008. 1 s. Fyzikální projekt. VOŠ - SPŠE Pardubice. Dostupné z WWW: <[www.spse.cz/?soubory&name=sp\\_termo.pps](http://www.spse.cz/?soubory&name=sp_termo.pps)>.
- [96] <http://bismut.navajo.cz/>
- [97] Tellurium In *Wikipedia : the free encyclopedia* [online]. St. Petersburg (Florida) : Wikipedia Foundation, , [cit. 2010-05-05]. Dostupné z WWW: <<http://en.wikipedia.org/wiki/Tellurium>>.
- [98] <http://www.spur.cz/>
- [99] Voda In *Wikipedia : the free encyclopedia* [online]. St. Petersburg (Florida) : Wikipedia Foundation, , [cit. 2010-05-05]. Dostupné z WWW: <<http://cs.wikipedia.org/wiki/Voda>>.
- [100] <http://www.converter.cz/tabulky/viskozita-vody.htm>
- [101] Reynoldsovo %C4%8D%C3%ADslo In *Wikipedia : the free encyclopedia* [online]. St. Petersburg (Florida) : Wikipedia Foundation, , [cit. 2010-05-06]. Dostupné z WWW: <[http://sk.wikipedia.org/wiki/Reynoldsovo\\_%C4%8D%C3%ADslo](http://sk.wikipedia.org/wiki/Reynoldsovo_%C4%8D%C3%ADslo)>.
- [102] REINBERK, Zdeněk. Přibližný výpočet tlakové ztráty třením v potrubí. *Technická zařízení budov : TZB-INFO* [online]. 5.6.2002, 1, [cit. 2010-05-06]. Dostupný z WWW: <<http://www.tzb-info.cz/t.py?t=2&i=1002>>.
- [103] Lamin%C3%A1rn%C3%AD proud%C4%9Bn%C3%AD In *Wikipedia : the free encyclopedia* [online]. St. Petersburg (Florida) : Wikipedia Foundation, , [cit. 2010-05-07]. Dostupné z WWW: <[http://cs.wikipedia.org/wiki/Lamin%C3%A1rn%C3%AD\\_proud%C4%9Bn%C3%AD](http://cs.wikipedia.org/wiki/Lamin%C3%A1rn%C3%AD_proud%C4%9Bn%C3%AD)>.
- [104] BENDA, Vítězslav. *Výkonové polovodičové součástky a integrované struktury*. ČVUT Praha : ČVUT, 1994. 367 s. ISBN 80-01-01140-2.
- [105] <http://www.citace.com/>



- [106] FARANA, Radim Zásady pro vypracování diplomové práce  
Ostrava : VŠB-TUO, 22.4.2010 [cit. 2010-05-17]. Dostupné z WWW  
: <[http://www.fs.vsb.cz/soubory/Zasady\\_pro\\_diplomky.pdf](http://www.fs.vsb.cz/soubory/Zasady_pro_diplomky.pdf)>.
- [107] SOBOTTA , Johannes. *Sobottův atlas anatomie člověka*. 1.: Grada, 2007. 431 a 399 s. ISBN 978-80-247-1870-5, EAN 9788024718705.
- [108] Spinoff 2004 GEARING UP FOR THE BIG GAME...AND MORE HEALTH AND MEDICINE [online]. NASA Center for AeroSpace, 2009 , February 27, 2009 [cit. 2010-02-08]. Dostupný z WWW:  
<[http://www.sti.nasa.gov/tto/Spinoff2004/hm\\_1.html](http://www.sti.nasa.gov/tto/Spinoff2004/hm_1.html)>.
- [109] ČERNÝ, Vladimír. *Léčebná hypotermie v intenzivní péči* [online]. Hradec Králové : Univerzita Karlova v Praze, Lékařská fakulta v Hradci Králové Fakultní nemocnice Hradec Králové Klinika anesteziologie, resuscitace a intenzivní medicíny, 2008 [cit. 2010-02-08]. Dostupný z WWW:  
<[http://www.polymedmedical.sk/cms/pdfs/MEDVision\\_Doc\\_Cerny.pdf](http://www.polymedmedical.sk/cms/pdfs/MEDVision_Doc_Cerny.pdf)>.
- [110] <http://www.ojrech.cz/lesny/kompendium/foh.htm>
- [111] <http://www.praxisbenner.de/1/natverfahren.html>
- [112] [www.corbisimages.com/Enlargement/SB001471.html](http://www.corbisimages.com/Enlargement/SB001471.html)
- [113] [www.cbc.ca/gfx/pix/bigelow\\_wildred050328.jpg](http://www.cbc.ca/gfx/pix/bigelow_wildred050328.jpg)
- [114] [www.laerdalfoundation.org/peter\\_safar.html](http://www.laerdalfoundation.org/peter_safar.html)
- [115] [http://i.dailymail.co.uk/i/pix/2008/06/06/article-0-018309DD00000578-563\\_468x352.jpg](http://i.dailymail.co.uk/i/pix/2008/06/06/article-0-018309DD00000578-563_468x352.jpg)
- [116] [http://msnbcmedia1.msn.com/j/msnbc/Components/Photos/050523/050523\\_icing\\_hmed\\_12p.hmedium.jpg](http://msnbcmedia1.msn.com/j/msnbc/Components/Photos/050523/050523_icing_hmed_12p.hmedium.jpg)
- [117] <http://www.nih.go.jp/eiken/Outlines/Maternal/index.html>
- [118] [http://pre-cool.cz/hypotermie\\_ZSSK\\_kurz\\_Jesenice\\_10-2007.pdf](http://pre-cool.cz/hypotermie_ZSSK_kurz_Jesenice_10-2007.pdf)
- [119] <http://www.webbhotell.sll.se/prehospitala/Forskning/PRINCE/>
- [120] <http://www.eo.cz/pic.php?code=TGPT008681>
- [121] <http://akizukidenshi.com/img/goods/C/I-00486.JPG>

## Seznam obrázků

Obrázek 1 - <i>Hippokrates</i>	
Obrázek 2 - <i>Dominique Jean Larrey</i> .....	20
Obrázek 3 - <i>Wilfred Bigelow</i>	
Obrázek 4 - <i>Petr Safar</i> .....	21
Obrázek 5 - <i>Kapalinou chlazená helma</i> .....	22
Obrázek 6 - <i>Bandáž na krk s výměnitelnými horkými nebo studenými obklady</i> .....	22
Obrázek 7 - <i>Formovatelná čepice pro chlazení</i> .....	23
Obrázek 8 - <i>Přenosný přístroj pro rychlé snížení zvýšené teploty jádra těla</i> .....	23
Obrázek 9 - <i>Skalp chladicí zařízení</i> .....	23
Obrázek 10 - <i>Způsob a zařízení pro neinvazivní léčbu neurologických poruch</i> .....	24
Obrázek 11 - <i>Mozek chladicí zařízení a způsob pro chlazení mozku</i> .....	24
Obrázek 12 - <i>Způsob a zařízení pro rychlé vyvolání hypotermie</i> .....	25
Obrázek 13 - <i>Záchrana podchlazeného pacienta</i> .....	27
Obrázek 14 - <i>Příklad terapeutické hypotermie navozené povrchovým chlazením</i> .....	28
Obrázek 15 - <i>Teplotní zóny těla podle Aschoffa</i> .....	29
Obrázek 16 - <i>Relativní podíl orgánů na tělesné hmotnosti a produkci tepla</i> .....	30
Obrázek 17 - <i>Termograf rozložení teploty lidského těla</i> .....	31
Obrázek 18 - <i>Ztráty tělesného tepla</i> .....	32
Obrázek 19 - <i>Rozměry lebky novorozence</i> .....	34
Obrázek 20 - <i>Proporce lebky</i> .....	35
Obrázek 21 - <i>Anatomický popis lebky novorozence</i> .....	36
Obrázek 22 - <i>Měření oblast měření teploty a nitrolebního tlaku</i> .....	38
Obrázek 23 - <i>Sonda teploty a tlaku v jednom fixačním šroubu</i> .....	38
Obrázek 24 - <i>Měření rosného bodu na reálném prvku zařízení</i> .....	39
Obrázek 25 - <i>Povrchové chlazení hydrogelovými obklady</i> .....	40
Obrázek 26 - <i>BLANKETROL III</i>	
Obrázek 27 - <i>HEMOTHERM 400 MR</i> .....	73
Obrázek 28 - <i>Vodní matrace PlastiPad</i>	
Obrázek 29 - <i>Vodní matrace Maxi-Therm</i> .....	74
Obrázek 30 - <i>Chladicí vesta a čepice Maxi-Therm Lite</i> .....	74
Obrázek 31 - <i>Schéma systému Artic Sun 2000</i> .....	76

Obrázek 32 - Třídílná konstrukce čepice .....	77
Obrázek 33 - chlazení hlavy novorozence systémem OLYMPIC COOL-CAP .....	77
Obrázek 34 - Endovaskulární chlazení .....	78
Obrázek 35 - Trojcestný centrální žilní katétr .....	79
Obrázek 36 - Cévka v nosní dutině a rozstřík chladiwa .....	79
Obrázek 37 - Rozstříkování chladiwa v nosní cévce RhinoChill .....	80
Obrázek 38 - Nosní cévka RhinoChill	
Obrázek 39 - RhinoChill <sup>TM</sup> intra-nasal cooling systém, .....	80
Obrázek 40 - Chladicí helma ThermoHelm .....	81
Obrázek 41 - Model transformačního procesu chlazení lidské hlavy	<b>Chyba! Záložka není definována.</b>
Obrázek 42 - Funkční struktura - blokové schéma .....	<b>Chyba! Záložka není definována.</b>
Obrázek 43 - Organová struktura .....	<b>Chyba! Záložka není definována.</b>
Obrázek 44 - Mobilní a stacionární verze .....	<b>Chyba! Záložka není definována.</b>
Obrázek 45 - Stacionární verze chladicího zařízení .....	<b>Chyba! Záložka není definována.</b>
Obrázek 46 - Mobilní verze chladicího zařízení .....	<b>Chyba! Záložka není definována.</b>
Obrázek 47 - Jean Charles Athanase Peltier .....	<b>Chyba! Záložka není definována.</b>
Obrázek 48 - Schéma principu chlazení .....	<b>Chyba! Záložka není definována.</b>
Obrázek 49 - Konstrukce Peltierova modulu .....	<b>Chyba! Záložka není definována.</b>
Obrázek 50 - Různé velikosti Peltierových článků .....	<b>Chyba! Záložka není definována.</b>
Obrázek 51 - Měděné bloky .....	<b>Chyba! Záložka není definována.</b>
Obrázek 52 - Termální analýza měděného bloku pro chlazení vodou	<b>Chyba! Záložka není definována.</b>
Obrázek 53 - Termální analýza měděného bloku pro chlazení ventilátorem	<b>Chyba! Záložka není definována.</b>
Obrázek 54 - Verze skeletu pro chlazení vodními bloky	<b>Chyba! Záložka není definována.</b>
Obrázek 55 - Pevnostní analýza zatížení skeletu .....	<b>Chyba! Záložka není definována.</b>
Obrázek 56 - Verze skeletu pro chlazení ventilátory ....	<b>Chyba! Záložka není definována.</b>
Obrázek 57 - Pevnostní analýza skeletu pro chlazení ventilátor .....	<b>Chyba! Záložka není definována.</b>
Obrázek 58 - Dotyková čidla .....	<b>Chyba! Záložka není definována.</b>
Obrázek 59 - Teplovodivé lepidlo .....	<b>Chyba! Záložka není definována.</b>
Obrázek 60 - Vodní čerpadlo .....	<b>Chyba! Záložka není definována.</b>
Obrázek 61 - PVC hadička a koncový šroub .....	<b>Chyba! Záložka není definována.</b>

Obrázek 62 – Řez vícevrstvou stěnou.....	<b>Chyba! Záložka není definována.</b>
Obrázek 63 – Peltierův modul .....	<b>Chyba! Záložka není definována.</b>
Obrázek 64 - Pohled dovnitř Peltierova článku .....	<b>Chyba! Záložka není definována.</b>
Obrázek 65 – Řez měděným blokem.....	<b>Chyba! Záložka není definována.</b>

## Seznam tabulek

---

Tabulka 1 - Hodnoty metabolismu .....	30
Tabulka 2 - Rozměry hlavy pro různý věk a pohlaví.....	34
Tabulka 3 - Funkce .....	<b>Chyba! Záložka není definována.</b>
Tabulka 4 - Morfologická matice.....	61
Tabulka 5 - Funkce a orgány.....	62
Tabulka 6 - Základní anatomické a fyziologické parametry člověka.....	<b>Chyba! Záložka není definována.</b>



## Seznam příloh

---

Příloha č. 1 - <i>Vývoj obvodu lebky</i> .....	110
Příloha č. 2 - <i>Skici jednotlivých variant řešení</i> .....	111
Příloha č. 3 - <i>Reálný prvek pro měření</i> .....	115



Následující text je předmětem průmyslové ochrany a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě diplomové práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího diplomové práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.











